


高等学校专业教材

# 制浆造纸机械与设备(下)

第 二 版

陈克复 主 编

张 辉 陈克复 黄华养 莫建梅 张 宏  
梁富政 钟炎生 张向农 张 立 严 杰 编  
赵传山 陆秀棠 唐文林

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

制浆造纸机械与设备. 下/陈克复主编.—2 版.

北京: 中国轻工业出版社, 2003. 5

高等学校专业教材

ISBN 7-5019-3935-7

I. 制… II. 陈… III. ①制浆设备-高等学校-  
教材 ②造纸机械-高等学校-教材 IV. TS73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 017156 号

责任编辑: 林 媛

策划编辑: 林 媛 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云

版式设计: 郭文慧 责任校对: 李 靖 责任监印: 吴京一

\*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

发行电话: 010—65121390

印 刷: 三河市宏达印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2003 年 5 月第 2 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 26

字 数: 660 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-3935-7/TS·2345

定 价: 52.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

30039J1X201ZBW

中国轻工业出版社读者服务部电话: 010—65241695 传真: 010—85111730

## 前 言

自 1980 年《制浆造纸机械与设备》(上、下册)教材出版以来,我国制浆造纸工业在生产建设规模、技术装备水平及产品质量等方面发生了根本的变化,使第一版的《制浆造纸机械与设备》(上、下册)教材内容已难以适应目前专业的教育与培训的需要。根据教育部轻化工程专业教育指导委员会的建议,在中国轻工业出版社的支持下,我们组织编写新版的《制浆造纸机械与设备》教材。编写大纲是由华南理工大学、南京林业大学、陕西科技大学、天津科技大学、广西大学、大连轻工业学院、山东轻工业学院、杭州机电设计研究院和广州造纸有限公司的教师和科技人员共同商定的。

在编写《制浆造纸机械与设备》(第二版)中,我们着重考虑了以下几点:

1. 为了让读者很好的阅读和学习,本教材仍按制浆造纸工艺过程的相关设备进行论述,但着重于新技术与装备,节能技术与装备,清洁生产技术与装备,因而与第一版的教材相比,有 70% 以上的内容进行了增减。

2. 本教材尽量对现代制浆造纸过程的主要机械与设备进行详细的论述,重点论述其工作原理,结构特征,材料及操作保养注意事项,使教材除了应用于本科专业的教学之外,还可以作为企业工程技术人员的培训教材或再教育教材及专科教材。因此在教学过程中,各位教师可根据实际教学情况确定讲授与自学的内容,或对内容进行取舍。

3. 制浆造纸机械与设备涉及化工机械与设备、水力机械与设备、环保机械与设备等领域,所以不可能把本专业所涉及的机械与设备全部包括在本教材中,有些通用设备例如泵、风机、容器以及通用零部件,已在出版的相关教材中作了论述,本教材就不再重复。

4. 为加速发展我国造纸工业及制浆造纸机械工业,本教材在各个章节中,对当前国内外的技术进展和发展趋势均作了相应的介绍。

本书分上、下两册出版,编写工作分工如下:

黄石茂:上册第一、二章(部分内容由陈克复编写);张宏:上册第三章、下册第五章(部分内容由张军编写)及第十章;梁富政:上册第五章、下册第六章;杨仁党:上册第六章;陈克复:绪论、上册第七、八章,下册第二章;梁东梅:上册第九章;张辉:上册第十章、下册第一章;黄华养:下册第三章;莫建梅:下册第四章(其中第七节第五段摘录于曹邦威译《最新纸机抄造工艺》第 19 章第 2 节);赵传山:下册第九、十二章;还聘请冯铭杰教授级高工编写上册第四章,钟炎生高工编写下册第七章第一~五节[其中第五节第四段(六)由何传础高工编写],张向农高工编写下册第七章第六~八节,张立高工编写下册第八章第一节,严杰高工编写下册第八章第二节,陆秀棠高工编写下册第十一章第一节,唐文林高工编写下册第十一章第二节。

全书由华南理工大学陈克复教授主编。

由于现代制浆造纸科学与技术发展迅速,涉及科学领域较多,加上我们编写时间较紧,知识水平有限,因此谬误错漏之处在所难免,希望读者给予批评指正。

编者

2003 年 1 月

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第一章 打浆与疏解设备.....      | 1  |
| 第一节 打浆设备概述.....       | 1  |
| 一、打浆设备的基本作用.....      | 1  |
| 二、对打浆设备的基本要求.....     | 1  |
| 三、打浆设备的分类.....        | 2  |
| 四、打浆设备的发展趋势.....      | 2  |
| 第二节 打浆机.....          | 2  |
| 一、打浆机的类型、特点及用途.....   | 2  |
| 二、打浆机的结构与原理.....      | 4  |
| 三、打浆机主要技术特征与运行.....   | 6  |
| 第三节 圆柱形磨浆机.....       | 7  |
| 一、圆柱形磨浆机的结构原理.....    | 7  |
| 二、圆柱磨浆机的主要性能特征 .....  | 11 |
| 第四节 锥形磨浆机 .....       | 12 |
| 一、锥形磨浆机的工作原理 .....    | 12 |
| 二、锥形磨浆机的结构组成 .....    | 12 |
| 三、内循环锥形磨浆机 .....      | 15 |
| 四、锥形磨浆机的性能特征 .....    | 16 |
| 第五节 盘磨机 .....         | 17 |
| 一、盘磨机的进展 .....        | 17 |
| 二、盘磨机的类型 .....        | 18 |
| 三、磨盘与磨浆特性 .....       | 20 |
| 四、盘磨机的动力消耗 .....      | 24 |
| 五、盘磨机的选用 .....        | 26 |
| 六、盘磨机的主要技术特征 .....    | 27 |
| 第六节 中、高浓打浆设备 .....    | 28 |
| 一、概述 .....            | 28 |
| 二、中高浓盘磨机 .....        | 29 |
| 三、圆柱高浓磨浆机 .....       | 31 |
| 第七节 疏解设备 .....        | 33 |
| 一、概述 .....            | 33 |
| 二、疏解机的类型与结构特征 .....   | 34 |
| 三、高频疏解机的技术指标与应用 ..... | 35 |
| 第二章 造纸机概述 .....       | 37 |
| 第一节 造纸机的发展 .....      | 37 |



|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第二节 造纸机的组成与分类 .....        | 39 |
| 一、造纸机的组成 .....             | 39 |
| 二、造纸机的分类 .....             | 40 |
| 第三节 造纸机的规格 .....           | 41 |
| 第四节 长网造纸机的配置 .....         | 42 |
| 第五节 夹网造纸机的配置 .....         | 46 |
| 第六节 造纸机的专用名词术语 .....       | 47 |
| 一、造纸机幅宽方面的名词术语 .....       | 48 |
| 二、造纸机车速方面的名词术语 .....       | 50 |
| 三、造纸机产量方面的名词术语 .....       | 50 |
| 第七节 造纸机的设计参数 .....         | 51 |
| 第八节 造纸机的选型 .....           | 52 |
| 参考文献 .....                 | 52 |
| 第三章 纸浆流送设备与流浆箱 .....       | 53 |
| 第一节 纸机前纸浆的流送系统 .....       | 53 |
| 一、概述 .....                 | 53 |
| 二、向流浆箱供浆的方式 .....          | 54 |
| 第二节 纸浆流送系统的相关操作单元及设备 ..... | 55 |
| 一、配浆设备 .....               | 55 |
| 二、纸浆的稀释 .....              | 57 |
| 三、纸浆的净化和筛选 .....           | 60 |
| 四、纸浆的除气装置 .....            | 65 |
| 五、脉冲抑制设备 .....             | 66 |
| 六、流送系统中的其他设备 .....         | 67 |
| 第三节 流浆箱概述 .....            | 69 |
| 一、纸浆上网对流浆箱的要求 .....        | 69 |
| 二、流浆箱的结构组成及其分类 .....       | 69 |
| 第四节 流浆箱的布浆器 .....          | 70 |
| 一、布浆器的作用与要求 .....          | 70 |
| 二、布浆器的组成和形式 .....          | 71 |
| 三、布浆器 .....                | 72 |
| 第五节 堰池和匀整装置 .....          | 77 |
| 一、概述 .....                 | 77 |
| 二、箱体 .....                 | 78 |
| 三、匀整装置 .....               | 79 |
| 第六节 上浆装置（堰板） .....         | 87 |
| 一、概述 .....                 | 87 |
| 二、唇板的形式、结构和性能 .....        | 88 |
| 第七节 流浆箱结构举例 .....          | 90 |
| 一、开启式流浆箱 .....             | 90 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 二、气垫式流浆箱 .....            | 91  |
| 三、满流式流浆箱 .....            | 92  |
| 四、满流气垫结合式流浆箱 .....        | 93  |
| 五、多层型流浆箱 .....            | 93  |
| 六、高浓流浆箱简介 .....           | 94  |
| 第八节 流浆箱的主要技术参数和设计计算 ..... | 95  |
| 一、流浆箱的主要技术参数 .....        | 95  |
| 二、流浆箱的设计计算 .....          | 96  |
| 第九节 流浆箱的调节与控制 .....       | 98  |
| 一、流浆箱运行中需要调节与控制的参数 .....  | 98  |
| 二、控制与调节方法概述 .....         | 99  |
| 参考文献 .....                | 100 |
| 第四章 造纸机成形装置 .....         | 101 |
| 第一节 概述 .....              | 101 |
| 一、成形装置的作用 .....           | 101 |
| 二、纸幅成形的机理 .....           | 101 |
| 第二节 长网成形装置 .....          | 102 |
| 一、长网的组成及纸页的成形过程 .....     | 102 |
| 二、胸辊 .....                | 103 |
| 三、成形板 .....               | 104 |
| 四、案辊和挡水板 .....            | 105 |
| 五、案板（脱水板） .....           | 107 |
| 六、湿吸箱 .....               | 111 |
| 七、真空吸水箱 .....             | 112 |
| 八、伏辊 .....                | 115 |
| 九、饰面辊 .....               | 116 |
| 十、网案的摇振装置 .....           | 118 |
| 第三节 圆网成形装置 .....          | 119 |
| 一、圆网的纸页成形过程 .....         | 120 |
| 二、网笼 .....                | 120 |
| 三、网槽 .....                | 121 |
| 四、伏辊 .....                | 126 |
| 五、超级圆网成形器及特超级圆网成形器 .....  | 127 |
| 第四节 夹网成形器 .....           | 129 |
| 一、概述 .....                | 129 |
| 二、夹网刮板成形器 .....           | 129 |
| 三、夹网辊筒成形器 .....           | 131 |
| 四、夹网辊筒—刮板成形器 .....        | 134 |
| 五、夹网成形器的有关性能 .....        | 135 |
| 第五节 复合型成形器 .....          | 136 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 一、引言              | 136 |
| 二、复合型辊筒成形器        | 136 |
| 三、复合型刮板成形器        | 136 |
| 四、复合型“C”成形器       | 137 |
| 五、具有可调特征的顶网成形器    | 137 |
| 六、向上脱水和可调节的顶网装置   | 137 |
| 第六节 叠网成形器         | 138 |
| 第七节 网部的辅助装置       | 139 |
| 一、造纸成形网           | 139 |
| 二、成形网校正器          | 141 |
| 三、成形网张紧器          | 142 |
| 四、换网装置            | 142 |
| 五、洗网装置            | 143 |
| 参考文献              | 146 |
| 第五章 造纸机压榨装置       | 147 |
| 第一节 概述            | 147 |
| 一、压榨部的作用          | 147 |
| 二、压榨部的布置          | 147 |
| 三、压榨部的机械特性及辊子技术参数 | 149 |
| 四、影响压榨横幅不均匀脱水的诸因素 | 154 |
| 第二节 压榨辊的类型        | 155 |
| 一、普通压榨            | 155 |
| 二、真空压榨            | 156 |
| 三、沟纹压榨            | 158 |
| 四、网毯压榨            | 159 |
| 五、分离压榨            | 160 |
| 六、盲孔压榨            | 160 |
| 七、高强压榨            | 160 |
| 八、平滑压榨            | 161 |
| 九、靴式压榨（宽压区压榨）     | 161 |
| 十、热压榨             | 169 |
| 十一、脉冲干燥           | 169 |
| 第三节 压榨部的引纸装置      | 169 |
| 一、开式引纸            | 169 |
| 二、真空吸移装置          | 170 |
| 第四节 复式压榨          | 171 |
| 一、复式压榨（带真空吸移辊系列）  | 171 |
| 二、复式压榨（多辊压榨类型）    | 172 |
| 第五节 压榨部的其他装置      | 175 |
| 一、压辊的加压和提升装置      | 175 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 二、毛毯洗涤装置·····              | 177 |
| 三、毛毯的张紧、校正和舒展装置·····       | 179 |
| 四、导纸辊·····                 | 180 |
| 参考文献·····                  | 180 |
| 第六章 造纸机干燥装置·····           | 182 |
| 第一节 概述·····                | 182 |
| 一、干燥装置的主要作用·····           | 182 |
| 二、干燥装置的基本组成·····           | 182 |
| 三、干燥装置的新进展·····            | 183 |
| 第二节 烘缸、烘毯缸和冷缸·····         | 186 |
| 一、烘缸和烘毯缸的基本结构·····         | 186 |
| 二、烘缸的强度计算·····             | 187 |
| 三、烘缸的凝结水排出装置及其进展·····      | 188 |
| 四、几种新式烘缸简介·····            | 193 |
| 五、干毯缸和干毯辊·····             | 195 |
| 六、冷缸·····                  | 195 |
| 第三节 干燥装置的供热系统·····         | 196 |
| 一、概述·····                  | 196 |
| 二、供汽系统的类型·····             | 197 |
| 三、供汽系统的管路·····             | 201 |
| 四、采用其他热源的干燥系统·····         | 201 |
| 第四节 干燥装置的通风装置·····         | 203 |
| 一、通风的工艺计算·····             | 203 |
| 二、干燥装置的通风罩·····            | 204 |
| 三、袋区通风装置·····              | 205 |
| 四、干燥过程的强化装置·····           | 208 |
| 第五节 干燥装置的辅助设备·····         | 210 |
| 一、烘缸的传动和机架·····            | 210 |
| 二、干燥装置的润滑系统·····           | 211 |
| 三、干燥装置的引纸装置·····           | 212 |
| 四、干网校正器和张紧装置·····          | 214 |
| 参考文献·····                  | 217 |
| 第七章 压光机与卷纸机·····           | 218 |
| 第一节 压光机概述·····             | 218 |
| 一、压光机工作机理及影响压光效果的主要因素····· | 218 |
| 二、压光机的分类·····              | 219 |
| 第二节 压光机的主要部件·····          | 220 |
| 一、冷铸辊·····                 | 220 |
| 二、热辊·····                  | 221 |
| 三、加压机构及释压机构·····           | 222 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 四、机架.....                 | 222 |
| 五、刮刀装置和安全杆.....           | 223 |
| 第三节 普通压光机及半干压光机.....      | 223 |
| 一、普通压光机.....              | 223 |
| 二、半干压光机.....              | 224 |
| 第四节 光泽压光机.....            | 225 |
| 一、概述.....                 | 225 |
| 二、纸和纸板在光泽压光机的整饰.....      | 225 |
| 三、主要结构组成.....             | 226 |
| 第五节 超级压光机.....            | 227 |
| 一、概述.....                 | 227 |
| 二、超级压光机的类型.....           | 228 |
| 三、超级压光机的主要机构组成.....       | 232 |
| 第六节 软辊压光机.....            | 239 |
| 一、概述.....                 | 239 |
| 二、工作原理.....               | 239 |
| 三、主要类型.....               | 240 |
| 四、主要部件.....               | 242 |
| 五、软辊使用维护要求.....           | 244 |
| 第七节 超级软辊压光机 (JANUS) ..... | 244 |
| 一、概述.....                 | 244 |
| 二、工作原理.....               | 245 |
| 三、主要类型.....               | 245 |
| 四、主要结构组成.....             | 246 |
| 第八节 卷纸机.....              | 248 |
| 一、概述.....                 | 248 |
| 二、影响卷取质量的因素.....          | 248 |
| 三、轴式卷纸机.....              | 249 |
| 四、圆筒卷纸机.....              | 251 |
| 第八章 切纸机及复卷机.....          | 255 |
| 第一节 切纸机.....              | 255 |
| 一、概述.....                 | 255 |
| 二、切纸机的主要部件.....           | 258 |
| 三、检选装置.....               | 272 |
| 四、切选机.....                | 275 |
| 第二节 复卷机.....              | 277 |
| 一、概述.....                 | 277 |
| 二、复卷机的分类及应用.....          | 277 |
| 三、各种复卷机的适用范围及控制要求.....    | 280 |
| 四、复卷机的主要结构.....           | 283 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 五、现代复卷机的发展·····      | 286 |
| 参考文献·····            | 288 |
| 第九章 涂布机械·····        | 289 |
| 第一节 概述·····          | 289 |
| 第二节 涂料制备设备·····      | 289 |
| 一、涂料制备流程·····        | 290 |
| 二、分散与混合设备·····       | 290 |
| 三、涂料筛选设备·····        | 292 |
| 四、涂料泵送设备·····        | 296 |
| 第三节 涂布器·····         | 297 |
| 一、表面施胶压榨与辊式涂布器·····  | 297 |
| 二、气刀涂布器·····         | 305 |
| 三、刮刀涂布器·····         | 313 |
| 四、其他涂布器·····         | 323 |
| 第四节 干燥器·····         | 325 |
| 一、涂布纸的干燥·····        | 325 |
| 二、干燥器·····           | 328 |
| 第十章 典型造纸机简介·····     | 336 |
| 第一节 新闻纸机·····        | 336 |
| 一、传统新闻纸机·····        | 336 |
| 二、现代新闻纸机·····        | 336 |
| 第二节 文化纸机·····        | 340 |
| 一、传统的文化纸机·····       | 340 |
| 二、现代文化纸机·····        | 341 |
| 第三节 包装纸及纸板机·····     | 345 |
| 一、传统包装纸及纸板机·····     | 345 |
| 二、现代包装纸及纸板机·····     | 345 |
| 第四节 生活用纸设备·····      | 350 |
| 一、现代卫生纸机·····        | 350 |
| 二、其他生活用纸设备·····      | 351 |
| 第五节 加工纸及特种纸设备·····   | 355 |
| 一、传统的加工纸及特种纸设备·····  | 355 |
| 二、现代的加工纸及特种纸设备·····  | 358 |
| 参考文献·····            | 360 |
| 第十一章 造纸机的传动与控制·····  | 362 |
| 第一节 造纸机机械传动·····     | 362 |
| 一、概述·····            | 362 |
| 二、机械传动的功能、方式和分类····· | 363 |
| 三、单电动机纵轴传动·····      | 364 |
| 四、多电动机分部传动·····      | 367 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 五、造纸机传动功率的计算.....     | 368 |
| 第二节 造纸机电气传动与控制.....   | 376 |
| 一、概述.....             | 376 |
| 二、直流传动系统.....         | 379 |
| 三、交流传动系统.....         | 382 |
| 四、造纸机电气传动中的特殊问题.....  | 385 |
| 五、造纸机电气传动中的控制策略.....  | 388 |
| 参考文献.....             | 392 |
| 第十二章 白水回收设备.....      | 393 |
| 第一节 概述.....           | 393 |
| 第二节 气浮式白水回收设备.....    | 394 |
| 第三节 重力沉降式白水回收设备.....  | 395 |
| 一、斜板（管）沉淀法白水回收设备..... | 396 |
| 二、脉冲澄清池.....          | 398 |
| 三、超高速凝聚沉淀装置.....      | 399 |
| 第四节 多圆盘白水回收机.....     | 400 |
| 一、结构组成及工作原理.....      | 400 |
| 二、主要技术特征.....         | 402 |
| 三、工艺技术的调整与开停机.....    | 402 |
| 第五节 其他白水回收设备.....     | 403 |
| 参考文献.....             | 403 |

# 第一章 打浆与疏解设备

## 第一节 打浆设备概述

### 一、打浆设备的基本作用

打浆设备（或磨浆设备——本书考虑习惯还沿用打浆设备这个名词术语）是使要处理的纤维原料，在通过相对运动着的纤维初生壁和次生壁产生位移，并接着产生破裂，然后纤维吸水润胀、被切断，最后是细纤维化，即纤维表面的分丝、起毛等。打浆使纤维产生细纤维化的结果，纤维变得具有良好的柔软性和可塑性，这样不仅在造纸机网上容易相互紧密地交织在一起，而且由于打浆的机械作用增加了纤维的比表面和游离出更多的羟基，经过压榨之后，在干燥时由于氢键的作用而大大增强了纤维的结合力，使之结合得更为坚实，提高了纸的强度。

因此，打浆设备的功用就是使纸浆经打浆处理后，纤维具有良好的柔软性、可塑性和尺寸的合理性，并大大提高了细纤维间氢键结合机会和结合力。此外，打浆设备还可以使各种的原料、辅料、添加剂均匀地混合。

最普通使用的打浆（磨浆）方法是利用金属齿牙之水力碾压作用。图 1-1 表明了各种磨浆状态。

首先，纤维束被导向齿牙的边缘，在此纤维导入阶段，浓度一般在 3%~5%（有时为 2%~6%），纤维束含有较多水。

当转子齿牙的边缘接近定子齿牙时，纤维束受到压缩并获得一个强烈的冲击。其结果是纤维内大部分水被挤压出。同时，对于弱粘结的短纤维，被剥裂而流入齿沟间；对于仍为纤维束的浆料，纤维受到磨牙边缘的压力并接受碾磨。紧接着，磨牙边缘既顺着纤维束滑移又对着磨牙表面碾压纤维。低浓磨浆时，平均磨牙间隙为  $100\mu\text{m}$ ，相当于 2~5 根粗纤维或 10~20 根压溃纤维的宽度。大多数打浆是在磨牙边缘对磨牙表面阶段完成的，此时磨牙边缘产生机械处理，而纤维之间的摩擦在纤维束的内部产生纤维对纤维的处理。这个阶段延续到主导磨牙的边缘到达被动磨牙的尾端边缘。此后纤维束继续在两磨牙表面之间受碾压，直至转子磨牙末端移出定子的边缘。当转子磨牙转过定子磨牙时，在牙间沟槽里产生强烈的漩涡；这种漩涡使纤维易被拉入磨牙边缘。如果沟槽太窄，纤维或纤维束不能在沟中翻转而不能挂到磨牙表面也就得不到磨浆。

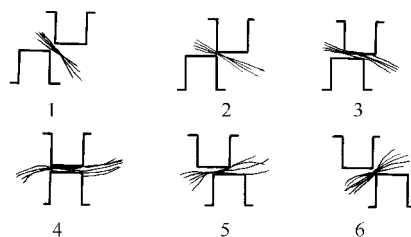


图 1-1 磨浆状态图

1—纤维挂入 2—边缘对边缘 3—边缘对表面  
4—表面对表面 5—表面对表面 6—磨浆结束

### 二、对打浆设备的基本要求

打浆在造纸生产中具有重要的地位，故对打浆设备的基本要求为：

- (1) 磨浆作用状态良好，浆料纤维形态经机械整理后符合纸张结合需要。
- (2) 磨齿、齿沟形态随打浆工艺的不同要求而有区别，磨齿间歇能调节。
- (3) 磨浆机构、磨浆腔体耐磨。



- (4) 磨浆机构、磨浆腔体结构对称，有利于高速运行状态下的受力均匀，确保机构稳定。
- (5) 节能低耗体积小，结构简单，维修操作容易。

### 三、打浆设备的分类

根据打浆设备的结构原理，主要分类如下：

#### 1. 按是否连续分

- (1) 间隙式打浆机 如：荷兰式打浆机，伏特式打浆机。
- (2) 连续式打浆机 如：圆柱磨浆机，锥形磨浆机，盘磨机。

#### 2. 按转子结构形式分

- (1) 鼓式：打浆机，圆柱磨浆机。
- (2) 圆锥式：大锥度锥形磨浆机：锥度  $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ；中锥度锥形磨浆机：锥度约  $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ；小锥度锥形磨浆机：锥度约  $10^{\circ}$ 。

锥形磨浆机根据转轴支承方式目前又分：通轴式锥形磨浆机和悬臂式锥形磨浆机。

- (3) 盘式：①按转动盘片数分。单动盘式磨浆机；双动盘式磨浆机。②按总盘片数分。双盘磨；三盘磨；多盘磨。

#### 3. 按打浆浓度分类

- (1) 低浓打浆机（约  $2\% \sim 6\%$ ）：各类打浆机。
- (2) 中浓打浆机（约  $8 \sim 20\%$ ）：单盘式高浓磨浆机，圆柱形高浓磨浆机。
- (3) 高浓打浆机（约  $20 \sim 35\%$ ）：单盘式高浓磨浆机，圆柱形高浓磨浆机。

### 四、打浆设备的发展趋势

现代打浆设备主要发展方向是连续化、大型化、高浓化、多功能化、高效率和集中自动控制。

(1) 向中、高浓化方向发展。尽管目前已有中、高浓打浆设备，但较普遍使用的仍是低浓打浆设备。随着打浆工序的上游工序配套（如中高浓漂白技术推广）及企业规模的增加、考虑经济和质量等因素，中、高浓打浆设备使用必将会进一步发展。

(2) 打浆设备形式的多样化。现在已经出现了处理废纸浆的打浆设备同时具有除杂功能。随着生产的需要和设备的研究和发展，针对处理不同纤维种类，从功能上将专门设计，专用性能更强。

(3) 打浆设备的大型化。由于生产规模迅速发展，势必单机设备的生产能力增大。尽管为设计制造带来困难和单机动力负荷增加，但对于简化生产管理、提高经济效益极为有利。

(4) 磨齿齿纹的进一步系列化、专用化。随着现代造纸工艺技术发展及打浆微观的机理研究将进一步深入，对于不同原料、不同品种、不同要求，将专门配套磨盘，使齿纹（牙）系列化、专用化。

## 第二节 打 浆 机

### 一、打浆机的类型、特点及用途

自打浆机发明使用后经过不断的改进和完善，一直使用至今。虽然打浆机有消耗功率

高、占地面积大及间歇作业等缺点，但由于它能处理各种不同性质的纸浆，并通过运行条件的改变，可获得不同要求的纸浆特性，适应范围广而灵活性大。因此打浆机在国内外造纸厂中仍会使用。特别对处理棉、麻、硬布及半化学浆等专用工艺的生产线。另一方面，打浆机是最先出现的打浆设备，其他类型的打浆设备都是在它的基础上发展演变过来的。对它的结构原理有一个基本的了解，会有助于对其他打浆设备的认识和研究。

打浆机发明至今，虽然经过了很多的改进，但其结构的主要部分仍然保持了原有的构造。图 1-2 为打浆机结构原理示意图。由于飞刀辊不停地旋转以及浆槽本身固有一定的坡度，使受处理的纸浆在槽内沿箭头的方向循环运动。当纸浆经过飞刀辊与底刀之间的间隙时，便受到了飞刀与底刀的机械作用，逐步处理成合乎抄纸要求的纸浆。当纸浆需要洗涤时，可放下洗鼓，并开喷水管冲洗。在打浆过程中，飞刀辊与底刀的间隙和压力是可以调节的。

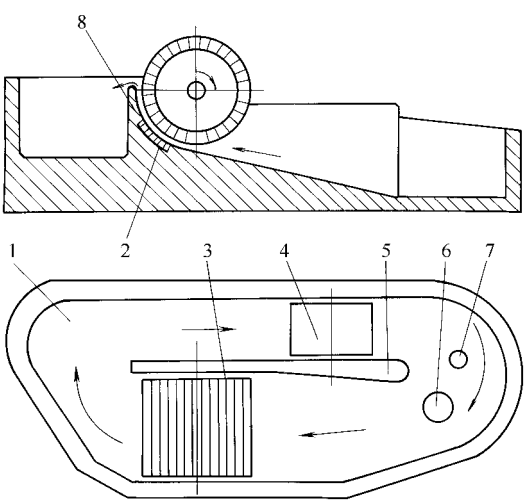


图 1-2 打浆机结构原理示意图

- 1—浆槽 2—底刀 3—飞刀辊 4—洗鼓 5—隔墙  
6—放料口 7—排污口 8—山形部

打浆机的形式很多，它们不同之处主要是：浆辊的形状、隔墙两边循环沟的宽度、浆槽底的坡度、山形部的位置和形状、底刀的位置及飞刀辊的调节机构等。各国生产的打浆机大多从这些方面改进，力图达到打浆均匀、节省动力以及使质量、产量容易控制等目的。在我国使用的打浆机中，按其用途不同，可分为两类。一类为半浆机，主要用于切断纤维，传统的荷兰式打浆机属于这一类（如图 1-3）；另一类为成浆机，主要用于打浆，使纤维帚化、

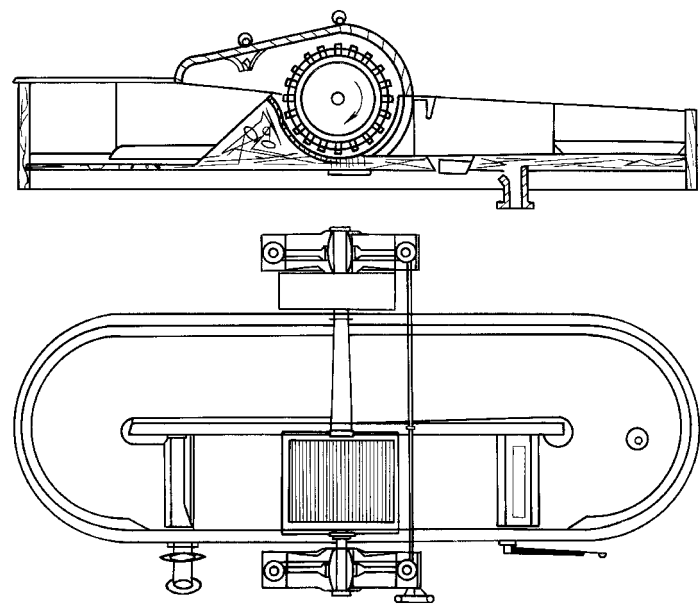


图 1-3 荷兰式打浆机

分丝、增加纤维比表面积，传统的伏特式打浆机属于这一类。

在打浆机的结构设计中，应着重考虑以下问题：①浆槽；②飞刀辊以及飞刀、底刀；③打浆机的调节机构。

## 二、打浆机的结构与原理

### （一）浆槽

打浆机的浆槽一般采用钢筋混凝土的结构。简单的浆槽也可用砖砌、水泥抹面的结构。为使纸浆在槽内循环良好、减少纸浆的摩擦、保持纸浆清洁，要注意把槽的内壁磨光或衬瓷砖。

目前使用中的打浆机，其浆槽的容量规格为  $3\sim 12\text{m}^3$ ，浆槽长度一般为飞刀辊直径的  $3.5\sim 1.5$  倍，浆槽的长宽比一般为  $1.5\sim 1.8$ 。

浆槽的形状对纸浆的流动及混合等作用有很大的影响。目前在比较完善的打浆机上，飞刀辊为三角形的下斜坡，使得纸浆通过山形部后，槽内侧的纸浆与外侧的纸浆互换，有利于均匀打浆；另外，隔墙两端做得特别肥大，符合流体特性，促进纸浆在转弯时混合良好与流速一致，也有利于均匀打浆。

为了使纸浆容易循环流动，打浆机的浆槽底部均有一定的倾斜度。但斜度不宜过大，否则浆料在槽的前端和边角等处会产生死浆现象。适宜的倾斜度一般为  $7\%\sim 8\%$ ，对浓度较高的浆料，有时可达  $13\%$ 。

### （二）飞刀辊

#### 1. 辊体

飞刀辊也称为打浆辊，其结构形式有鼓式和圆盘式两种。现在，飞刀辊普遍采用圆盘式结构。它由  $2\sim 4$  个轮盘、主轴等构成。轮盘的圆盘加工成凹槽后，再嵌入销铁，飞刀片用硬木镶嵌在有销铁的间隙内，并在飞刀片两端用环圈固紧。

飞刀辊的圆盘转速直接影响到打浆机的工艺性能，它的大小，取决于工艺条件。一般打浆机的飞刀辊线速为  $7\sim 8\text{m/s}$ ，成浆机为  $10\sim 12\text{m/s}$ 。飞刀辊换上新的飞刀后，通常要在打浆机中放入一部分水，在飞刀辊附近撒上沙子，开动打浆机进行磨刀，使飞刀与底刀接触完全一致，才能投入生产。

#### 2. 飞刀

飞刀片安装在刀辊的圆周表面上。飞刀片断面一般为长方形，刀刃平直，两端开有 U 形缺口；也有某些飞刀片背部做成斜面的（图 1-4）。

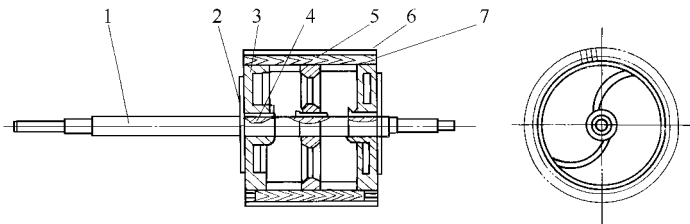


图 1-4 圆盘式飞刀辊

1—主轴 2—刮浆叶 3—轮盘 4—键 5—硬木 6—飞刀片 7—环圈

飞刀片的长度与辊面宽度相同，高度通常为  $100\sim 120\text{mm}$ 。飞刀片的厚度根据打浆的工艺要求来确定，通常为  $6\sim 12\text{mm}$ 。打游离浆宜用薄刀，打粘浆宜用厚刀。若打高游离浆时，

为了有效地切断纤维，刀厚可小至于 1~3mm。但是在决定刀的厚度时，还必须考虑到刀的强度。被两片飞刀及硬木块所包围的空间称为刀槽。刀槽的间距、深度等几何尺寸对打浆作用均有一定的影响。当刀槽深度一定时，刀片的间距较大，则进入刀槽的浆量较多，可加大纸浆的流速；但若刀片的间距太大时，纸浆进入槽内的量超过打浆时间，影响纸浆的质量，也耗费动力。通常，当打浆以切断和分裂纤维为主时，在刀槽宽度一定条件下时，刀槽的深度过小，纸浆会使硬木磨损较快，并增加了动力消耗；若刀槽深度过大，即飞刀片伸出较长的距离，则硬木不易牢固地把飞刀片固定，打浆时易使刀片产生振动，且附着在刀槽深处的纸浆，干后脱落在浆流中会影响纸浆的质量。刀槽深度一般以 40~50mm 为宜。

飞刀片的数目与刀片厚度、刀槽宽度和刀辊直径有关。

飞刀片的材料可采用碳素钢、不锈钢、磷青铜及玄武岩等。选用哪一种可按打浆的种类、浆料用途而定。一般打浆机的飞刀片用钢材制造（布氏硬度 230~250 度）。当要求纸浆没有铁离子时，需用青铜刀片；为了耐腐蚀、及耐磨，可采用不锈钢刀片；在进行高粘状打浆时，则可采用石刀片。石刀片常用的是玄武岩，刀面刻有 15~20mm 深的沟纹，纹间距离为 30~40mm。

玄武岩气孔率大，有粗糙的表面，好像很多微小的刀口，适宜于纤维的纵向撕裂和压溃，多用于生产薄页纸等纸种的打浆设备中；又因为它是非金属材料，故宜用于电容器纸打浆。采用玄武岩的飞刀在打浆时的动力消耗比金属刀片大 20% 左右，但打浆时间可以缩短。

### （三）底刀

早期打浆机的底刀位于飞刀辊的正下方，以获得较大的比压。现在打浆机的底刀大多安装在山形部上。这样，使刀槽内的纸浆不会过早地抛向山形部，有利于充分利用飞刀辊推送纸浆的动能，保证纸浆获得较高的循环速度，防止产生涡流和回浆而降低打浆的动能。

按照刀片数不同，底刀可分成 1~3 组进行装配。每组有 15~20 片刀片。每一组底刀片中刀片之间用硬木镶嵌，然后用螺栓夹紧，如图 1-5 所示。底刀的弧面应与刀片辊的圆周面相吻合。装好的底刀放在铸铁的底刀盒内，再用楔铁固紧。由于底刀较易磨损，须经常更换，故安装在山形部的底刀盒在检修时可以从浆槽外壁侧面取出。

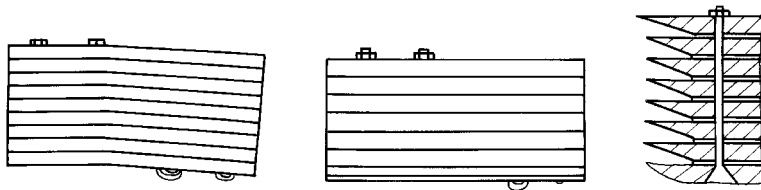


图 1-5 底刀组结构示意图

底刀刀片的排列方式多为斜形或人字形，可以防止飞刀可能嵌入底刀间隙内；同时又能与飞刀构成剪刀状剪切作用，有利于打浆。斜形底刀的斜角度通常多采用 5°~7°。

金属的底刀刀片的厚度约比飞刀厚度小 2~3mm（见表 1-1）。底刀片比飞刀片薄的原因是为了减少飞刀片的磨损速度，因为底刀比飞刀容易更换。在底刀组中，第一、二片底刀片应厚些，以承受纸浆的冲击。底刀刀片的间隔大多与刀片厚度相等或稍大 1~2mm，也有较刀片厚度大 1 倍的。间隔过小，易被纸浆堵塞，降低打浆效率。

表 1-1

打浆机飞刀和底刀厚度

| 打 浆 方 式 | 飞刀厚度/mm | 底刀厚度/mm | 纸 浆 用 途 |
|---------|---------|---------|---------|
| 高度游离打浆  | 1~3     | ~3      | 滤纸      |
| 游离打浆    | 6~7     | 3~4     | 吸墨纸     |
| 普通打浆    | 8       | 5~6     | 书写纸     |
| 粘状打浆    | 9~10    | 6~7     | 卷烟纸     |
| 高度粘状打浆  | 11~15   | 8~12    | 牛皮纸     |

#### (四) 调节机构

在打浆过程中，飞刀辊与底刀间隙、刀形状及大小、飞刀辊作用在浆料上的比压，都直接影响打浆质量，因此间隙和比压应当能够调节。通常间隙和比压的调节装置是设计在一起的，成为一套完整的机构，如图 1-6 所示。

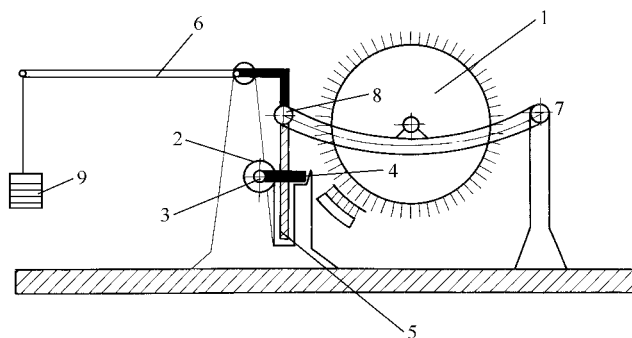


图 1-6 打浆机间隙和比压调节装置

1—飞刀辊 2—手轮 3—蜗杆 4—蜗轮 5—螺杆  
6—杠杆 7—支点 8—销轴 9—重锤

(1) 间隙调节装置：图中 2、3、4、5、8、7 构成调节间隙的飞刀辊升降系统。升降装置是通过手轮（或链轮）、蜗杆、螺母使螺杆升降。螺杆的一端与支承飞刀辊轴承的支臂的一端铰接。这样，转动手轮或链轮时，便可以升降飞刀辊。

(2) 调压装置：9、6、8、7 构成调压系统。两个系统是通过销轴 8 连接在一起的。当浆料通过打浆机飞刀辊与底刀座之间的间隙时，浆流要承受来自飞刀辊的压力。打浆时不但要求飞刀辊与底刀座之间的间隙可以调节，而且还要求浆流通过这个间隙时所承受的压力（也就是飞刀辊作用在底刀上的压力）也可以调节，始终适应在不同工艺条件下的打浆要求。

调压装置有用通过调节水压力控制底刀与飞刀辊之间的压力，也有用通过气压来调节的，但大多数打浆机是采用杠杆原理进行调压的。

平衡重锤的重力  $W$  通过杠杆使刀辊作用在底刀上的力减小。

### 三、打浆机主要技术特征与运行

在我国，一些生产棉浆和麻浆的造纸厂常使用打浆机处理棉、麻之类的长纤维原料。

另外，打长纤维和绝缘纸纸浆、一些以玻璃纤维原料生产特种纸等还使用槽式打浆机。因此，国内外仍有少量打浆机制造和使用。

#### (一) 打浆机的型号和主要技术特征

目前我国通用的槽式打浆机的型号和主要技术特征见表 1-2。

表 1-2

槽式打浆机的型号和主要技术特征

| 型 号               | ZDC <sub>1</sub> | ZDC <sub>2</sub> | ZDC <sub>3</sub> | ZDC <sub>4</sub> |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 生产能力/(kg/池)       | 150              | 250              | 350              | 500              |
| 容量/m <sup>3</sup> | 3                | 5                | 7                | 10               |
| 刀辊直径/mm           | φ1000            | φ1350            | φ1400            | φ1500            |
| 刀辊宽度/mm           | 1250             | 1350             | 1000             | 1400             |
| 刀辊转速/(r/min)      | 180              | 180              | 136              | 124              |
| 飞刀数量/把            | 90               | 80(钢),20(石)      | 78               | 87               |
| 飞刀厚度/mm           | 7                | 8                | 8                | 10               |
| 底刀数量/组            | 3(27把)           | 3                | 1(14把)           | 1(20把)           |
| 底刀厚度/mm           | 8                | 6                | 6                | 5                |
| 洗鼓尺寸/mm           | —                | 八角形 1000×800 一个  | φ1000×1000 两个    | φ1200×1100 两个    |
| 功用                | 处理成浆             | 处理成浆             | 处理半浆             | 处理半浆             |
| 外形尺寸(长×宽×高)/mm    | 6000×3600×1688   | 5875×4150×2500   | 7150×4250×2500   | 8370×4500×2800   |
| 排列方式              | 左、右手             | 左、右手             | 左、右手             | 左、右手             |
| 功率/kW             | 40               | 55               | 60               | 80               |

| 型 号               | 伏伊特式系列 |      |      |      |      |      | PBM 系列 |      | PM 系列 |      |
|-------------------|--------|------|------|------|------|------|--------|------|-------|------|
|                   | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 5      | 8    | 6     | 8    |
| 生产能力/(kg/池)       | 150    | 225  | 300  | 400  | 600  | 900  | 200    | 400  | 300   | 400  |
| 容量/m <sup>3</sup> | 3      | 4.5  | 6    | 8    | 12   | 16   | 5      | 8    | 6     | 8    |
| 槽长/mm             | 3590   | 4480 | 4980 | 5320 | 5520 | 5530 | 4500   | 5200 | 5740  | 5500 |
| 槽宽/mm             | 2370   | 2620 | 2870 | 3270 | 3640 | 8340 | 2950   | 3500 | 2600  | 3080 |
| 刀辊直径/mm           | 1250   | 1350 | 1500 | 1650 | 1800 | 2000 | 1300   | 1500 | 1540  | 1800 |
| 刀辊宽度/mm           | 1250   | 1350 | 1500 | 1800 | 2000 | 2000 | 1300   | 1700 | 1250  | 1500 |
| 刀辊转速/(r/min)      | 153    | 142  | 128  | 116  | 106  | 96   | 155    | 128  | 120   | 110  |
| 飞刀数量/把            | 72     | 80   | 88   | 96   | 104  | 116  | 90     | 96   | 81    | 96   |
| 飞刀厚度/mm           | 7      | 8    | 8    | 10   | 10   | 10   | 6~8    | 10   | 8~10  | 10   |
| 底刀数量/组            | 30     | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 36     | 36   | 30    | 30   |
| 底刀厚度/mm           | 5      | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 4~6    | 4~6  | 5     | 5    |

## (二) 打浆机的运行

打浆机的启动、运转和停机，必须在浆、水、电供应正常情况下进行。当飞刀辊上换上新的飞刀后，要先进行磨刀，待上下刀片刃口完全密合一致，方能投入生产。

打浆机经空运转正常后，即可投料生产，期间应利用调节机构，调节打浆辊和底刀间的间隙及比压。打浆机的调节机构应定期检查是否灵活；定期检查飞刀、底刀的磨损与松脱情况。

## 第三节 圆柱形磨浆机

### 一、圆柱形磨浆机的结构原理

#### (一) 工作原理与基本结构组成

圆柱形磨浆机亦称圆柱磨浆机或圆柱精浆机，是一种连续打浆设备。可以多台串联使用也可以多台并联使用，用它打高粘状浆、打粘状浆或者游离浆。

## 1. 工作原理

圆柱磨浆机是由一个圆柱形刀辊（也称转子）和沿刀辊圆柱分布的四组扇形底刀（也称定子）所组成。它的工作原理如图 1-7 所示。与打浆机相比，圆柱磨浆机的底刀组数量大，比包围飞刀辊的总弧长要长得多；总体结构也比打浆机要紧凑得多。由于转子刀辊是圆柱形，在高速旋转时要处理的纸浆受离心力的作用产生周向运动和径向离心运动，并依靠纸浆进出口的压差用飞刀辊两端的推浆叶轮来实现纸浆进出磨浆区域。

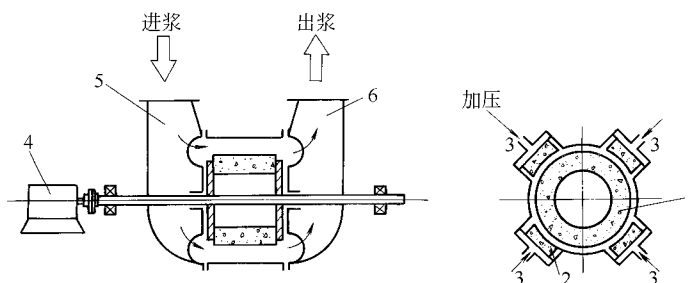


图 1-7 圆柱磨浆机工作原理示意图

1—刀辊 2—定子 3—加压流体 4—电机 5—浆料进口 6—浆料出口

在高速旋转时要处理的纸浆通过进口到达刀辊和定子之间的间隙，然后从出口排出。传动电动机与刀辊直接连接，带动刀辊高速转动。加压流体通过入口对四把定子刀进行加压，使要处理的纸浆在一定的压力下进行磨浆。

## 2. 结构特征

图 1-8 表示圆柱磨浆结构图。它的进口端有导流流道（或称为进口泵壳）及进浆叶轮，把进来的纸浆连续均匀地分布到刀辊四周进行磨浆，出口端有出浆叶轮及排出流道（或称为出口泵壳），把从磨浆区出来的纸浆送到下一台圆柱磨浆机或者直通浆池。磨浆机机体四周分布有四个长方形孔，定子刀装在长方形孔中，并能向刀辊作径向移动。排出流道下部有专

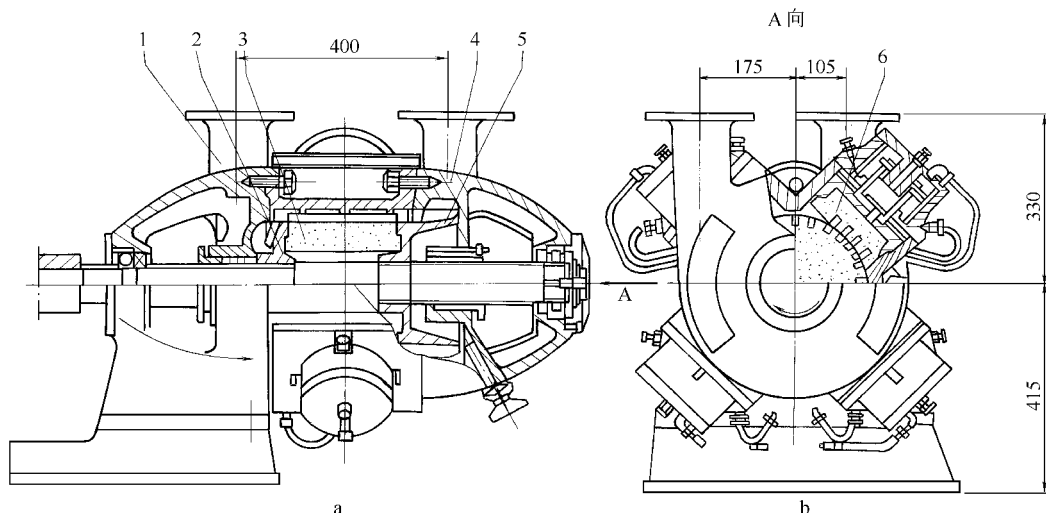


图 1-8 圆柱磨浆机结构视图

a—主视图；b—侧视图

1—进浆口 2—进浆叶轮 3—刀辊 4—出浆口 5—出浆叶轮 6—底刀

供停机后进水冲洗出口叶轮背面的进水管及管塞。圆柱磨浆机是借助于外加压力对定子刀进行加压而使纸浆在定子刀与刀辊之间受磨浆作用的，为避免产生咬刀现象，一般刀辊的刀片与轴线成  $8^\circ$  的倾角，定子刀片则与轴线平行。

## （二）飞刀辊

### 1. 刀辊结构

图 1-9 为圆柱磨浆机石刀辊的一种刀辊装置结构图。飞刀辊由主轴、刀辊、进出口叶轮、连接盘等组成。主轴两端有滚动轴承分别装在进出口泵壳中的轴承座上。刀辊分石刀辊和钢刀辊两种。

飞刀辊是在整块的天然玄武岩（或优质碳素钢或合金铸钢）上加工成空心的圆柱体，然后凿打出条状的刀片，最后在车床上切断、车削加工而成。圆柱形刀辊通过两面端面处的进浆叶轮盘与主轴连接在一起。圆柱形刀辊靠轴套压紧或靠四个双头螺栓拉牢，夹紧在进口叶轮盘和出口叶轮盘上。

刀辊在 1000r/min 左右或更高的速度下运转。保证其运转平衡安全，必须保证转动部件的加工质量和装配质量。

（1）刀辊的内外表面必须车削，以保证必要的同心度。如果刀辊的内孔不经加工，就会对外圆沿着轴线方向存在不同程度的偏心，转动时由于偏心而产生的离心力，有把刀辊拉向一边的趋势，并使刀辊产生振动。

（2）装配时，要求主轴轴线与刀辊轴线对中。刀辊必须加工有定位孔，与进浆叶轮盘和出浆叶轮盘背部的凸缘紧密配合。否则，同样会使刀辊转动时产生振动。

（3）叶轮盘对刀辊必须有足够的夹紧力。要选择适当的拉紧螺钉和夹紧垫片。有的采用 M22 的螺钉和 5mm 厚的黄牛皮垫片，长期运转未发现松脱现象，安全可靠。

### 2. 刀片的材料

圆柱磨浆机刀辊和定子的刀片分为石刀和钢刀两类。可按照不同的浆种打浆工艺采用玄武岩、小麻石、砂轮片等石质刀或采用优质碳素钢、合金钢、不锈钢等钢质刀。与其他打浆设备一样，圆柱磨浆机刀片材质对该设备的打浆效率和浆料质量有很大的影响。石刀的表面有许多气孔，气孔的直径较大，单位面积内气孔总长和气孔总面积较大，则对纤维的压溃、分丝、帚化作用较大而切断作用不大。这对草类纤维和其他短纤维浆料的打浆是很有利的。钢刀本身没有气孔，若要有气孔，只能用人工钻小孔，但不如石刀上自然形成的气孔匀布和细致。为了提高切断能力，可采用钢刀。如有的纸厂以 45 号钢刀辊，以铁铝锌合金作定子刀，并在刀片上面凿有小孔，用以处理麻浆；有的厂以锰钢刀打破布浆，其结果均表明了钢刀对浆料的切断能力较石刀为大。

天然石刀磨损较快，有的厂运转一天磨损量达 0.5~1mm。为了克服石刀寿命较短的缺点，以提高刀片的耐磨强度，并增加气孔率，故采用人造砂轮石刀。刀辊和定子刀采用砂轮刀，打浆效率较天然石刀提高很多倍，有效地保证对纤维的切断少而分丝、帚化多，改善了纸张的物理强度。

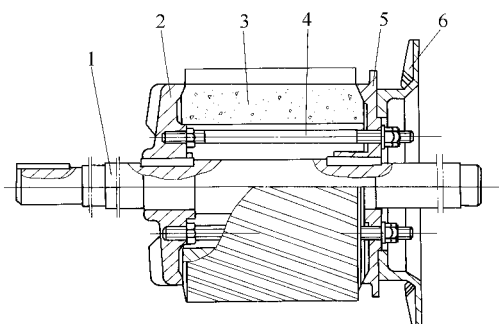


图 1-9 圆柱磨浆机飞刀辊结构图（石刀）

1—主轴 2—进浆叶轮 3—石刀辊  
4—螺栓 5—连接盘 6—出口叶轮



对于石刀来说，砂轮刀片的孔隙率最高，小麻石次之（18%~19%），玄武岩最低（8%~13%）；而耐磨强度以砂轮刀片最高，玄武岩次之，小麻石最低。钢刀的寿命较长，优质钢刀使用半年或一年换一次。

我国采用的天然玄武岩材质如表 1-3 所列。

表 1-3 我国常用天然玄武岩材质

| 材 类<br>材质指标  | 山东玄武岩   | 铁岭玄武岩    |
|--|---------|----------|
| 一般孔眼直径/mm  | 0.2~0.5 | 0.8      |
| 最大孔眼直径/mm  | 4.0~4.5 | —        |
| 平均孔眼分布/(个/cm <sup>2</sup> )                        | 38      | 25       |
| 绝干密度/(g/cm <sup>3</sup> )                          | 2.75    | 2.7~2.98 |
| 孔隙率/%  | 8.4     | 12.5     |
| 吸水性/%  | 1.62    | —        |
| 耐磨强度/[g/(min·cm <sup>2</sup> )]                    | 0.074   | 0.044    |
| 每平方厘米石面上孔眼所占面积/(mm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> ) | 10~12   | 12.5     |
| 每平方厘米石面上孔眼周长总和/(mm/cm <sup>2</sup> )               | 42~67   | 34~100   |

（三）定子刀装置

圆柱磨浆机在运行过程中，是利用四把定子刀向着刀辊表面施加压力而处理纸浆的。操作中，根据工艺上的要求，定子刀可进可退；操作一定的周期后，需要更换。因此定子刀盒的设计，必须使定子刀进退灵活，更换方便，结构既可靠又简单。

常用的底刀加压装置有膜片—活塞式（如图 1-10）、膜片式（如图 1-11）、简单膜片式（如图 1-12）定子刀盒。

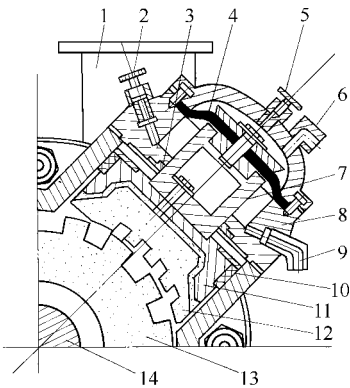


图 1-10 膜片—活塞式定子刀盒

- 1—出浆口 2—放气阀 3—密封橡胶圈 4—膜片  
5—进刀加压管路接头 6—放气阀 7—活塞体  
8—缸体 9—退刀加压管路接头 10—油毡盘根  
11—定子刀壳 12—定子刀 13—刀辊 14—主轴

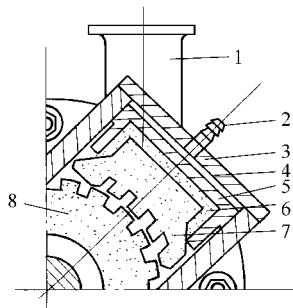


图 1-11 膜片式定子刀盒

- 1—进浆口 2—进浆叶轮 3—刀辊 4—出浆口  
5—出浆叶轮 6—底刀 7—进口流道 8—出口流道

在图 1-10 中，定子要进刀时，加压气体或液体通过进刀加压管路接头 5 进入刀盒的一

侧，推动弹性的膜片 4，使定子刀 12 向着刀辊 13 的表面移动，从而达到进刀加压的目的。膜片 4、定子刀壳 11 是通过活塞体 7 连接在一起的。要退刀时，进刀侧的加压介质排走，而通过退刀加压管路接头 9 进入刀盒的另一侧，推动膜片 4 向着相反的方向作弹性运动，使定子刀 12 背着刀辊 13 的表面移动，达到退刀的目的。

活塞式定子刀盒结构复杂，装拆麻烦；膜片式定子刀盒结构简单又能增加受压面积，操作维修都较简单；简单膜片式定子刀盒结构更简单，去掉定子刀壳，用整体的石刀或整体的钢刀制成，更换也方便得多，零部件少而制造成本低。

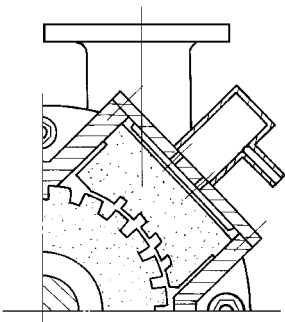


图 1-12 简单薄膜式定子刀盒

因加压介质不同定子加压可分气压、液压和汽-水加压等。

## 二、圆柱磨浆机的主要性能特征

可以把圆柱磨浆机视为封闭式打浆机与浆泵的组合体。由于圆柱磨浆机结构上的这些特点，因而在一定程度上综合了打浆机与浆泵结构上的优点，成为精浆设备之一。自 20 世纪 60 年代以来，圆柱磨浆机在我国通过不断地改进和研制，已有多种型号。多数纸厂把它安装在造纸机前作为精浆设备，但也可作为一般的打浆设备使用。由于它单台设备的处理效果尚不很显著而往往需要多台串联使用，致使设备的电动机容量、设备的维修量都比较大。因此，目前使用上也有一定的局限性。

目前我国通用的圆柱磨浆机有 ZDY<sub>1</sub>、ZDY<sub>2</sub> 和 ZDY<sub>3</sub> 三种型号。它们的主要技术特征如表 1-4 所示。

表 1-4 我国通用的圆柱磨浆机的主要技术特征

| 型 号          | ZDY <sub>1</sub>           | ZDY <sub>2</sub>           | ZDY <sub>3</sub>           |
|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 生产能力/(t/d)   | 2~10                       | 10~50                      | 50~100                     |
| 刀辊尺寸/mm      | φ280×210                   | φ400×300                   | φ560×440                   |
| 刀辊转速/(r/min) | 1470 或 970                 | 975                        | 735                        |
| 定子刀数/组       | 4                          | 4                          | 4                          |
| 进、出口直径/mm    | 80                         | 125                        | 180                        |
| 进浆压力/kPa     | 20~30                      | 20~30                      | 30~50                      |
| 打浆压力/MPa     | 0.2~0.4                    | 0.2~0.4                    | 0.2~0.5                    |
| 进浆浓度/%       | 3~6                        | 3~6                        | 3~6                        |
| 刀质           | 玄武岩刀、砂轮刀或钢刀                | 玄武岩刀、砂轮刀或钢刀                | 玄武岩刀                       |
| 外形尺寸长×宽×高/mm | 2050×795×760               | 2520×910×1100              | 3310×1270×1550             |
| 质量/kg        | 915                        | 1200                       | 5700                       |
| 电动机功率/kW     | 45                         | 95                         | 210                        |
| 配套的空气压缩机     | 压力 1MPa 容量 300L/<br>min1 台 | 压力 1MPa 容量 300L/<br>min1 台 | 压力 1MPa 容量 300L/<br>min1 台 |

## 第四节 锥形磨浆机

### 一、锥形磨浆机的工作原理

图 1-13 为锥形磨浆机的结构示意图。锥形磨浆机主要由装有刀片的截头圆锥形转子和截头圆锥形的外壳及间隙调节机构所构成。

#### （一）纸浆在磨腔内移动

纸浆在高速旋转的转子带动下产生周向线速度和径向离心力。由于圆锥形的转子使得大端的周向线速度和离心力比小端的周向线速度和离心力大。这种差异导致大端区的静压比小端要小。另外在锥形外壳的轴向定齿纹的“束缚”和导引下，进入圆锥形转子与圆锥形外壳之间的纸浆具有由小端往大端移动的趋势。因此，一般纸浆从外壳的小端送入，由大端排出。锥形磨浆机工作时纸浆移动的动力源是靠进出口浆管的外来压差和上述磨腔内的导向力。

#### （二）纸浆在磨腔内受到研磨

浆料一旦进入磨腔，受转子表面飞刀和固定锥形磨套内表面底刀之间的复杂的机械作用力，产生打浆作用。齿纹的形态不同，打浆性能也各异。

#### （三）转子和外壳间隙的调节

锥形磨浆机起刀与落刀是借助于间隙调节机构使转子与外壳作轴向相对移动来实现的。锥形磨浆机可以看做是圆锥角不为  $0^\circ$  的圆柱磨浆机，也可以说成是把打浆机飞刀辊封闭起来而底刀重新分布的打浆机。

间隙调节机构不仅可以针对不同浆种调节适宜的间隙，而且可以在磨浆机经长期运行后由于转子与外壳定子刀出现磨损时进行间隙调节。

### 二、锥形磨浆机的结构组成

#### （一）典型的锥形磨浆机结构形式

##### 1. 通轴式锥形磨浆机

传统的锥形磨浆机如图 1-13 所示。其转子轴较长，两端有轴承支撑点，称为通轴式锥形磨浆机。特点是轴长而结构复杂，维修拆卸麻烦，设备体积大。转子与外壳的锥角大小可设计成不同，相应的功能、特征有别。

##### 2. 悬臂式锥形磨浆机

考虑到通轴式锥形磨浆机上述缺点，近些年来发展了一种悬臂式锥形磨浆机，如图 1-14 (a, b) 所示。悬臂式锥形磨浆机与通轴式锥形磨浆机比，其两轴承支点距离明显缩短，相对转速可以提高；纸浆进口方向为中心轴线向，在小端圆周分布均匀、直接；而通轴式锥形磨浆机浆料进口方向为中心轴的上侧垂直向，浆流需要在腔体内改向，相对在小端圆周分布不均匀、不直接（尤其浓度高的纸浆）。

因此，悬臂式锥形磨浆机现已广泛采用，且这类磨浆机设计能力可较大，很适应现代大生产，赋予了锥形磨浆机的新的生命力。

尽管如此，两类磨浆机的工作机理本质上是一致的。

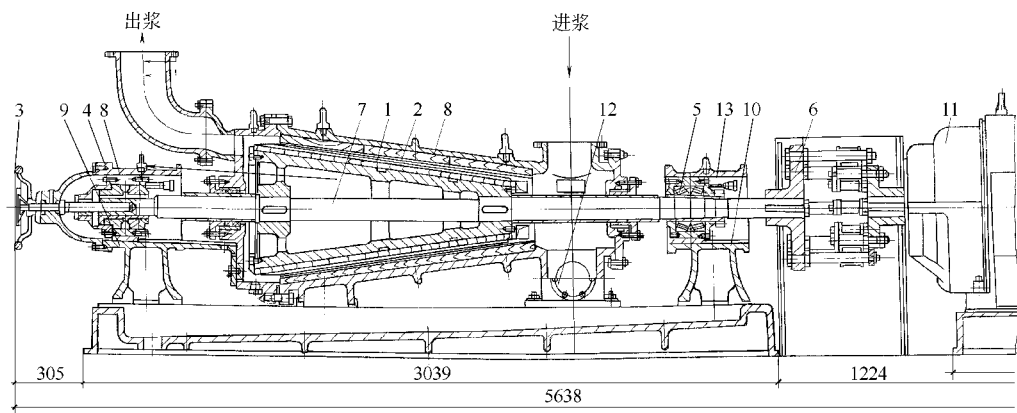


图 1-13 通轴式锥形磨浆机结构图

- 1—转子刀辊 2—底刀 3—间隙调节机构 4—操作侧轴承 5—传动侧轴承 6—联轴器 7—主轴  
8—外壳机体 9—前支座 10—后支座 11—电动机 12—盖板 13—前支座盖

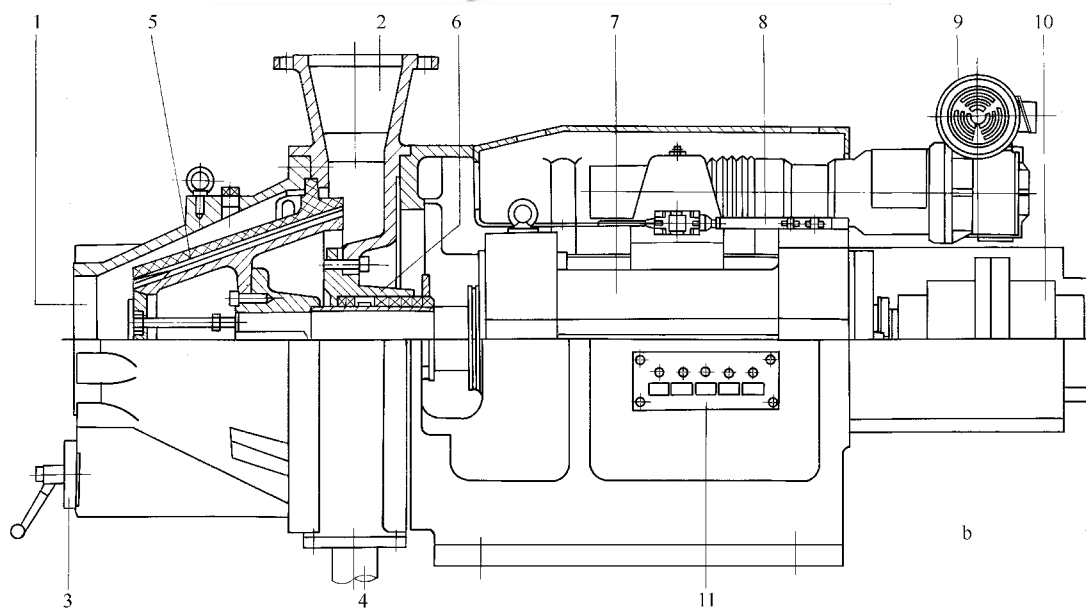
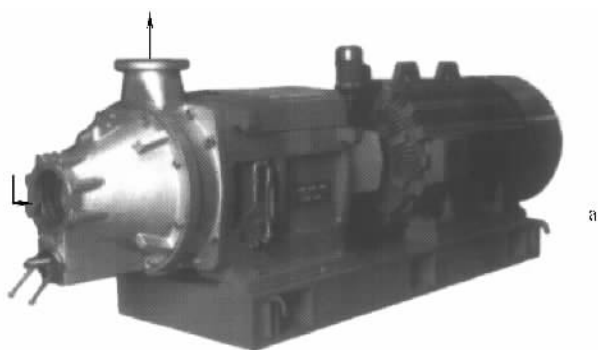


图 1-14 悬臂式锥形磨浆机结构图

a—外形图 b—结构图

- 1—浆料入口 2—浆料出口 3—异物杂质清理口 4—清洗孔 5—磨浆刀 6—轴封  
7—轴承座 8—限位开关 9—进退刀减速器 10—齿轮联轴器 11—润滑机构

## （二）转子刀辊

锥形磨浆机的转子，又可以称为刀辊。锥体的圆锥角小的为  $12^{\circ}\sim 16^{\circ}$ ，也有  $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，大的达  $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。最常见的是铸造结构。锥面上有供装飞刀片用的槽见图 1-15，飞刀片安装成平行于锥体的母线，根据长短分布着 2~4 段飞刀片。长的飞刀片和锥面一样长，短的飞刀片只有长飞刀片的  $1/2\sim 2/3$ 。短的飞刀片只装在锥体的大端，使辊面上刀片的分布密度较均匀。

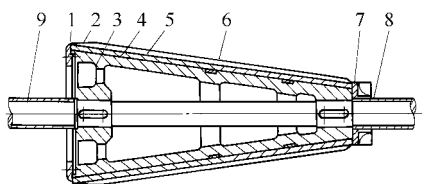


图 1-15 通轴式锥形磨浆机转子示意图

1—盖 2—盖板 3—辊体 4—垫木 5—刀片  
6—垫木 7—叶盖 8、9—轴套

飞刀片的材料一般是钢质，和打浆机一样，也有采用青铜、不锈钢和合金钢（铬钼钢）。刀片的厚度为 6~10mm。精整游离浆时，选用较薄的刀片；精整粘状浆时，选用较厚的刀片。精整粘状浆时，可用厚至 12mm 的金属刀片。

飞刀片固定在转子上的结构，除了把刀片镶嵌在转子体上并用硬木嵌紧的方法外，还可以采用套在转子的锥形骨架上的整体飞刀环结构。这种转子可以在较高的转速上运转，维修更换皆较方便。无论那种形式结构的转子，制造时必须校静平衡或动平衡。

随着加工技术的进步，现代锥形磨浆机的转子刀与底刀都是整体式合金钢磨套，这样更换方便、易于做到转子刀与底刀锥形配合。转子刀与底刀刀纹并非平行于母线，图 1-16 为悬臂式锥形磨浆机内外磨套。

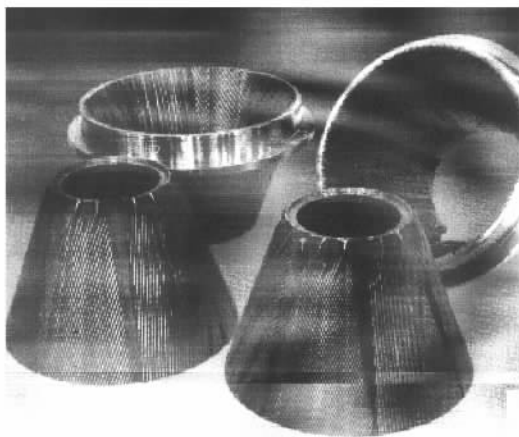


图 1-16 悬臂式锥形磨浆机磨套

## （三）定子刀与外壳

锥磨浆面的外壳也是锥形的，与转子圆锥面相配合。它可以是整体结构，也可以由上下两部组成。为了使外壳有足够的强度，在外表面设有加强筋，外壳的内表面刀纹类似于转子刀纹，为了避免定子刀与飞刀片相互咬牙，定子刀片用人字形排列，倾斜角为  $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。为了便于底刀的装卸，现在锥形磨浆机的定子刀不直接装在外壳上，而是装在一个锥形的衬套上，这一衬套与外壳紧密地配合在一起。当因底刀磨损而要换刀或要将刀刨平时，可不需要移动底刀座，只需把衬套取出即可。

## （四）纸浆的进口及出口

纸浆的进口通常在小端的上部，或在轴向进料的。为了使纸浆有一定的压力送入设备内，在入口端纸浆要具有 30~60kPa 的压头。对于浓度特别高的纸浆，在转子小端面前的轴上，安有螺旋推进叶片，迫使纸浆强行通过。在纸浆进口下部的壳体上设有小沟，作为捕砂及沉降金属异物用。在纸浆进口的上方，一般都安有排气筒，便于排除由于纸浆流动而带入的空气，减免浆流的波动。

排出口一般在锥体的大端，可以设上中下三种排出口，依打浆的要求不同而使用。当使用上面排出口时，纸浆在设备内的停留时间增加，可提高打浆度；使用下部排出口时可增加纸浆的通过量，提高生产能力。排出口的管子安在调节箱内，有截门可控制排出量的多少。

调节箱也有溢流口，用以控制一定的浆位。

纸浆的入口部分和进出口部分均通过法兰用螺钉和密封垫片固定，与壳体组成一体。

#### （五）调节飞刀与底刀距离的机构

一方面，为了处理不同的纸浆，就需要改变飞刀与底刀（定刀）的距离（刀的间隙）及打浆压力（比压）；另一方面，在精浆过程中，刀片磨损使飞刀与底刀的距离变大，这样也需要通过调节机构来调节刀距。

刀隙的改变可通过轴向移动刀辊或轴向移动底刀座来获得。常用的方法是通过手轮的旋转，使螺杆前进或后退，而螺杆与可作轴向滑动的主轴轴承壳相连，整个刀辊与外壳之间的距离也即飞刀与底刀的距离因而得到调节。在操作过程中，由于刀片间精浆压力的轴向分力的作用，使刀辊受到很大的轴向推力，因此在正常生产时必须将调节机构锁紧。现代化的锥形磨浆机，在调整压力和刀距时不可通过手轮，而是以电动机通过减速器使用调整螺杆作前进或后退的轴向移动（如图 1-14），也可以通过液压或气压装置来使飞刀辊与底刀壳产生相对移动，以达到调节刀隙的目的。刀隙的调节范围取决于刀辊与底刀座的轴向相对位移的最大值。

#### （六）轴承

轴承在运转过程中，主轴不但受到径向力的作用，而且受到很大的轴向力作用，故主轴不但配有承受径向力的轴承，而且还要配承受轴向力的止推轴承。由于要调整飞刀与底刀的间隙，因此要求轴承壳在机架上设计成能前后滑动而不转动的。而保证轴承的上述动作是通过机架上的导轨和轴承壳上的键来实现的。

#### （七）传动

锥形磨浆机的传动一般多采用电动机通过挠性或齿轮联轴器直接驱动。电动机可以由磨浆机的大端带动转子，也可以由磨浆机的小端带动转子，这一点主要取决于调节机构的安置及转子的装卸与维修的方便。对于悬臂式磨浆机由大端带动转子。

### 三、内循环锥形磨浆机

内循环锥形磨浆机是一种内部固有循环浆道，可任意调节出浆量，并能单台或多台串联使用的连续式打浆设备，亦可用作纸浆的精浆设备。这种磨浆机对纤维的切断作用较少，水化性能较好，而且适应的浆种、纸种范围较广，因此被用作连续打浆设备，是一类结构独特的锥形磨浆机。由于目前使用较少，这里只作简介。

如图 1-17 所示的内循环锥形磨浆机具有特殊构造的空腔刀辊，在锥形空腔内有 6 条加强筋把空腔分成 6 格，筋延伸到锥体大径端的出口处而构成大径端出口的泵翼叶轮。纸浆用离心泵以大于 170kPa 的压力送入进浆室 1，而后流入刀辊空腔的锥形通道 2。纸浆通过锥形大径端叶轮 3 时，由于叶轮泵翼的作用，浆压升高到 220kPa 左右，使纸浆从刀辊的大径端向小径端回流，纤维经受刀片的疏解。另一方面，在刀辊外表面由于离心力的作用，大约产生 180kPa 的压力，受定子刀内表面锥向反外力作用，由小径端压向大

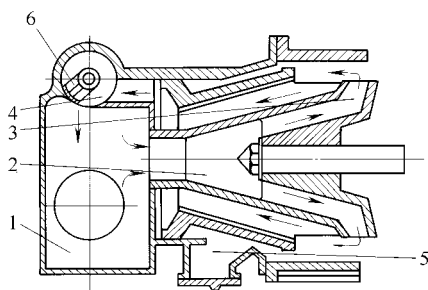


图 1-17 内循环锥形磨浆机基本工作原理示意图

1—进浆室 2—刀辊空腔室 3—刀辊大径端叶轮  
4—出浆室 5—杂物收集管 6—内循环调节阀

径端。这种反压延长了纸浆在转子刀片间的停留时间，即纸浆自大径端流向小径端只是依靠压力差 35kPa 的推力。经过刀片处理的纸浆流入出浆室 4。根据打浆度升高或需对纸浆的处理量的情况，控制出浆室处循环浆量调节阀和出口浆量调节阀。进浆室 1 的底部同时又是大型的沉砂室，较轻的杂质将在转子的出口处被离心力甩出，收集在锥形外壳底部的收集管 5 内。

内循环锥形磨浆机由于装置了浆量内循环调节阀，生产能力和打浆度上升量均可借控制内循环次数和通过量等因素作较大幅度的调节，使其具有较广泛的适应性。

四、锥形磨浆机的性能特征

(一) 国产通用锥形磨浆机技术特征

(1) 国产 ZDZ 通用锥形磨浆机技术特征见表 1-5。

表 1-5 国产 ZDZ 通用锥形磨浆机技术特征

| 型 号                      | ZDZ <sub>1</sub> | ZDZ <sub>2</sub> | ZDZ <sub>3</sub> | ZDZ <sub>4</sub> | ZDZ <sub>5</sub> |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 生产能力/(t/d)               | 10               | 10~30            | 28~50            | 20~25            | 50~100           |
| 刀辊大端直径/mm                | 322              | 385              | 600              | 865              | 1000             |
| 刀辊小端直径/mm                | 216              | 244              | 284              | —                | 500              |
| 刀辊长度/mm                  | 50               | 665              | 1125             | —                | 1750             |
| 刀辊锥角/(°)                 | 12°8′            | 12°8′            | 16°              | —                | 16°15′           |
| 刀辊转速/r·min <sup>-1</sup> | 980              | 1470             | 600              | 490              | 365              |
| 进浆口直径/mm                 | 100              | 250              | 200              | 200              | 225              |
| 出浆口直径/mm                 | 100              | 150              | 200              | 250              | 225              |
| 飞刀厚度/mm                  | 10               | 12               | 10               | 10               | 10               |
| 底刀厚度/mm                  | 8                | 8.5              | 10               | 6                | 10               |
| 进浆浓度/%                   | 4~6              | 4~6              | 4~6              | 2.5~4            | 4~6              |
| 电机功率/kW                  | 135              | 135              | 95(草浆)115(木浆)    | 280              | 230              |

(2) 国产内循环 QZ1330 锥形磨浆机技术特征见表 1-6。

(3) 国产大锥度锥形磨浆机主要技术特征见表 1-7。

表 1-6 国产内循环锥形磨浆机技术特征

| 型 号                       | QZ1330       |
|---------------------------|--------------|
| 生产能力/(t/d)                | 150          |
| 刀辊大端直径/mm                 | 455          |
| 刀辊小端直径/mm                 | 266.4        |
| 刀辊锥角/(°)                  | 23°10′       |
| 刀辊转速/r·min <sup>-1</sup>  | 730          |
| 进浆口直径/mm                  | 150          |
| 出浆口直径/mm                  | 150          |
| 飞刀厚度/mm                   | 面 10,底 12    |
| 底刀厚度/mm                   | 大端 13,小端 6.5 |
| 进浆浓度/%                    | 2~6          |
| 电机/kW/r·min <sup>-1</sup> | 110/730      |

表 1-7 国产大锥度锥形磨浆机主要技术特征

| 型 号                       | QZ1331   | QZ1333  | ZX78-2  |
|---------------------------|----------|---------|---------|
| 生产能力/(t/d)                | 5~50     | 20~20   | 20~35   |
| 刀辊大端直径/mm                 | 790      | 1206    | 245     |
| 刀辊小端直径/mm                 | 290      | 440     | 140     |
| 刀辊锥角/(°)                  | 60       | 60      | 60      |
| 刀辊转速/r·min <sup>-1</sup>  | 580&-585 | 365     | 1450    |
| 进浆口直径/mm                  | 150      | 285     | 125     |
| 出浆口直径/mm                  | 125      | 225     | 80      |
| 飞刀长度/mm                   | 443      | 660     | 105     |
| 进浆压力/MPa                  | 0.03     | 0.03    | —       |
| 进浆浓度/%                    | 3~6      | 3~6     | 3~6     |
| 电机/kW/r·min <sup>-1</sup> | 165/585  | 250/365 | 55/1450 |

(二) 悬臂式锥形磨浆机

在锥形磨浆机中，近些年来悬臂式锥形磨浆机进展较大，无论在磨浆质量、生产能力还是从设备体积、维护管理都具有明显的优点。这里就此类简单介绍。

1. 悬臂式锥形磨浆机磨浆特性

悬臂式锥形磨浆机磨浆特性如表 1-8 所示。

表 1-8 悬臂式锥形磨浆机磨浆特性

|                          | 针 叶 材 浆  | 阔 叶 材 浆 |
|--------------------------|----------|---------|
| 打浆浓度/%                   | 3.4~4.5  | 4.0~6.0 |
| 打浆线速度/(m/s)              | 15~25    | 15~25   |
| 磨牙宽度/mm                  | 3.5~5.5  | 2.0~3.0 |
| 磨沟宽度/mm                  | 4.5~7.0  | 2.5~3.5 |
| 磨沟深度/mm                  | 10.0     | 7.0     |
| 磨浆强度/(J/m)               | 0.9~6.0  | 0.3~1.5 |
| 磨浆强度/(J/m <sup>2</sup> ) | 250~1000 | 150~500 |

2. 悬臂式磨浆机主要技术性能

国外对锥形磨浆机研究开发较好，产品性能也较国产优越；产品系列化，处理浆料能力每天 5~750t/d，配套电机功率 37~1500kW，转子转速 530~1200r/min。我国某机械厂新近研制的悬臂式锥形磨浆机的主要性能见表 1-9。

表 1-9 我国某机械厂生产的悬臂式锥形磨浆机主要性能

| 型 号               | XZM11          | XZM12          | XZZ21          |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| 性能指标              |                |                |                |
| 进浆浓度/%            | 2~6            | 2~6            | 2~5            |
| 进浆压力/MPa          | 0.1~0.2        | 0.1~0.3        | 0.1~0.2        |
| 公称生产能力/(t/d)      | 15~250         | 25~350         | 5~45           |
| 进浆管直径/mm          | 200            | 200            | 125            |
| 出浆管直径/mm          | 150            | 200            | 125            |
| 最大工作压力/MPa        | 0.6            | 0.6            | —              |
| 动、定齿圈锥度/(°)       | 40             | 40             | 45             |
| 动齿圈规格(大端直径×长度)/mm | φ460×360       | φ560×400       | φ350×230       |
| 动齿圈转速/(r/min)     | 1480           | 740            | 1480           |
| 配用电机/kW           | 132~315        | 150~500        | 75             |
| 质量/kg             | 4170           | 6000           | 1700           |
| 外形尺寸(长×宽×高)/mm    | 3000×1020×1125 | 4100×1370×1200 | 3260×1260×1350 |

第五节 盘 磨 机

一、盘磨机的进展

(一) 发展现状与前景

打浆机、圆柱磨浆机、锥形磨浆机，它们的飞刀和底刀均分布在曲面上，刀片的形状和布置从加工上很难有大的突破，因而限制了打浆工艺的发展。1933 年盘磨机问世时，主要是用于磨木浆粗渣的再磨，设备简单，精度不高。但近 20 多年来，由于对盘磨机的结构和磨盘齿纹作了大量的研究，齿纹的形状、分区布置及结构更加合理，型号系列化、专用化，其用途就越来越广，能适应各种打浆工艺。特别是用它来实现高浓打浆工艺，显著提高了打浆的质量。盘磨机的发展非常迅速。盘磨机已发展到连续化、自动化、大能力、高效能、适



用于大生产规模的造纸厂。

### （二）盘磨机主要特点

（1）盘磨机是一种连续打浆设备，连续打浆容易做到质量均一性、稳定性，提高劳动生产率，为自动化提供了技术基础，适应大生产发展的需要。

（2）盘磨机占地少、效率高和电耗低。

（3）由于盘磨机的结构和磨纹的不断改进与完善、磨区结构安排上的灵活性，向着专用化发展，使得盘磨机能适应各种浆种和一些特殊的纸浆的打浆。

（4）盘磨机有一个突出的优点，就是可以用它来实现高浓连续打浆（20%~30%以上浓度），能有效地提高磨浆的质量。

（5）由于半化学浆、化学磨木浆、冷碱法制浆、预热木片磨木浆、压力磨木浆等制浆工艺的迅速发展，大大地促进了盘磨机的发展。盘磨机不但可以用来作打浆设备，还可用来作制浆设备。

### （三）主要用途

#### 1. 我国生产盘磨机品种

我国设计、研制和使用过的盘磨机已达 20 多种，主要盘径规格有  $\phi 300$ 、 $\phi 330$ 、 $\phi 350$ 、 $\phi 380$ 、 $\phi 400$ 、 $\phi 450$ 、 $\phi 500$ 、 $\phi 550$ 、 $\phi 600$ 、 $\phi 650$ 、 $\phi 700$ 、 $\phi 750$ 、 $\phi 800$ 、 $\phi 915$ 、 $\phi 1250$  等。

#### 2. 盘磨机在我国的应用

盘磨机对纸浆的作用较打浆机复杂。纸浆在高速磨盘旋转产生的巨大离心力作用下，从磨盘中心向圆周方向运动，在这个过程中，纤维受到摩擦力、扭力、剪力和水力等多种作用，因而纸浆经盘磨机之后，纤维的撕裂、分丝、帚化、弯曲、压溃和搓揉显著，而切断较少。这种特点在高浓磨浆时更为明显。因此盘磨机对短纤维原料（包括阔叶木和草类原料等）的打浆更有利。

现在国内使用盘磨机处理的纸浆已扩展到除了破布浆、麻浆以外的所有各种植物纤维纸浆，生产出各种工业用纸、文化用纸、生活用纸、包装用纸、特种用纸等。

#### 3. 盘磨机的应用趋向

盘磨机可分三类（见盘磨机分类），即单（动）盘磨、双（动）盘磨、多盘磨。从现代化生产使用来看，单盘磨机几乎只用于高浓打浆情况。因为单盘磨机用于低浓打浆不符合当今效率的需要；多盘磨机具有精良的磨盘形态，对于低浓打浆效率高，亦适合现代的机械浆的后处理。

随着盘磨机的研究深入，今后盘磨机的设计、制造和更广泛的使用，必定会进一步发展。

## 二、盘磨机的类型

### （一）按主轴安装形式分类

#### 1. 卧式盘磨机

如图 1-18a 所示主轴成水平布置的称卧式盘磨机，在现今的造纸厂中，这一类型的盘磨机用得最广泛。

#### 2. 立式盘磨机

如图 1-18b 所示主轴直立地布置的称立式盘磨机，它的特点是纸浆沿重力方向由磨盘中心进入两盘面间隙，容易均匀分布于高速回转的盘面上。

## （二）按磨盘的数量分类

较正规的按动盘数分，但实际生产中常常直观地以总盘数去“称呼”。比较确切的按以下分类：

### 1. 双盘单动盘磨浆机

它有一对磨盘，其中一个磨盘由主轴带动回转，是一种单盘回转的双盘磨浆机，简称为单盘磨机。它是各类盘磨机中应用得最多的一个类型，种类也比较多。卧式单盘磨机的外形似一浆泵，浆料由盘磨中心进入，被转子上的叶片抛向两盘面间的间隙中，经磨纹处理后沿外壳切线方向进入排料口排出。

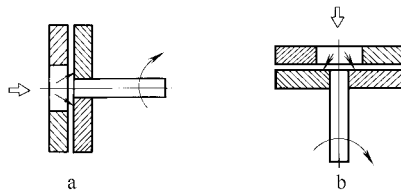


图 1-18 盘磨机主轴布置形式

a—卧式 b—立式

### 2. 双盘双动盘磨浆机

它的磨室里有一对磨盘，两个磨盘各由一台电动机通过主轴带动，使盘面相对而反向回转，简称双盘磨机。可用手轮调节盘间间隙，用油压保持定压、螺旋进料。

这种盘磨机的优点是：由于两盘以相反方向回转，相对速度是两盘的线速度之和，施加于纸浆纤维上的扭转力也相应加大，而消耗于纸浆旋转的动力减少因而有利于对纸浆的磨碎作用，提高对纤维撕裂和帚化方面的能力。主要缺点是：纸浆靠设在转盘中心圆周上若干个孔口进入两盘面间的间隙，容易搭桥堵塞，对于草类浆和小型设备将产生加料困难。

### 3. 三盘单动盘磨机

这类盘磨机的磨室内一般装有三个圆盘。中间圆盘由主轴带动回转，它的两个表面均装有磨片，与两个固定圆盘上的磨片形成两对磨浆面，好像两个单动盘磨机装在一个磨室里一样，因此有时也称它为“双盘磨机”。为了避免与双动盘磨机的盘磨机相混，故把它称为三盘磨机（两对磨片安装在三个圆盘上）。

图 1-19 是用螺旋移动定盘以调节盘间间隙的三盘单动盘磨机结构图。图 1-20 是三盘单动盘磨机示意图。其中图 a：纸浆从左边一个入口进入，由右边一个出口排出，称之单流式。这相当于纸浆受到两台串联着的双盘单动盘磨机的作用，但又有其独特之处，即纸浆经过第二对磨面时，是逆着离心力、方向由盘的外缘向中心流动的。这一流动过程所需的动力靠纸浆经第一对磨面后所具有的压头来供给；图 b 中，纸浆从两个入口进入，由一个出口排

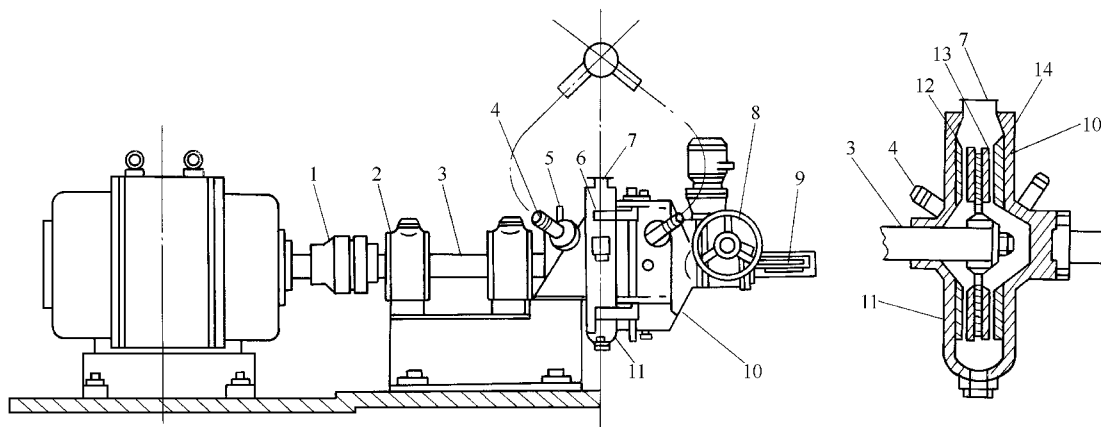


图 1-19 三盘单动盘磨机结构图

1—联轴器 2—滑动轴承 3—转轴 4—进浆管 5—水压密封圈 6—磨盘室 7—出浆口 8—手轮  
9—限位装置 10—可移动机座 11—机壳 12—机壳固定磨盘 13—转动磨盘 14—机座固定磨盘

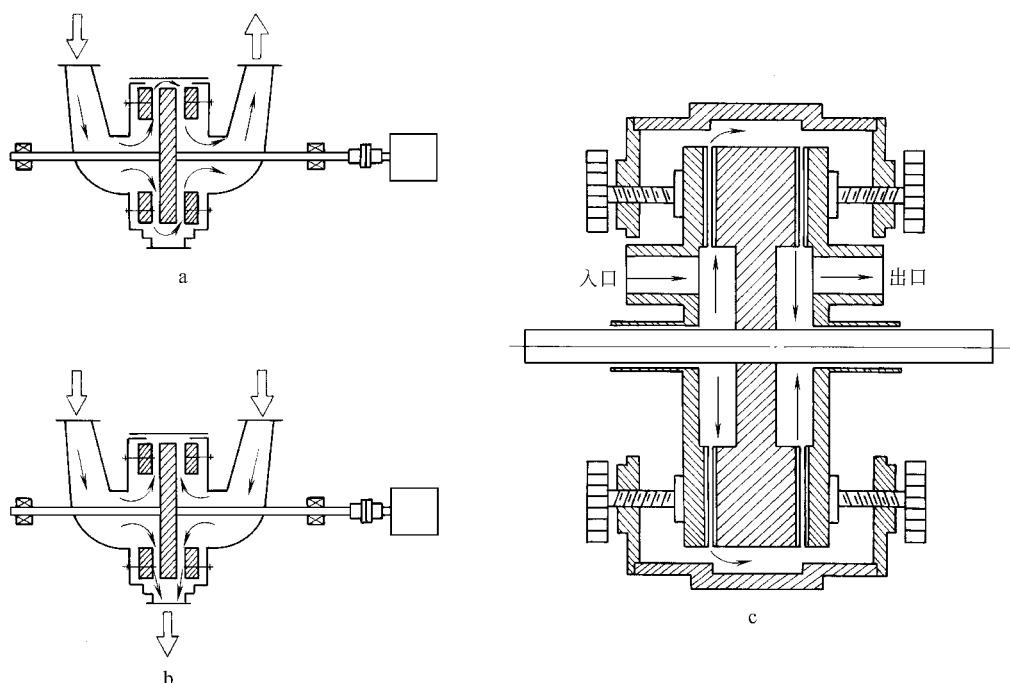


图 1-20 三盘磨浆机结构示意图

a—单流式 b—双流式 c—单流式磨浆室

出，称之双流式。这相当于纸浆通过两台并联着的单盘磨机，因而设备的生产能力相应提高，是单盘磨机的两倍。由于三盘磨机相当于二台单盘磨机合在一起，生产能力大、单位电耗低、设备费用降低、结构紧凑、占地少，因而正广泛使用。

三盘磨机盘间间隙的调整多数是通过蜗轮蜗杆螺旋机构或者油压缸移动定盘来实现的。

#### 4. 多盘磨浆机

为了提高低浓（2%~6%）打浆的效率，已发展出总盘数为 5、动盘数为 2 的多盘磨浆机，即五盘双动盘磨机。

### 三、磨盘与磨浆特性

在盘磨机的设计和选用中，磨盘的磨纹形状及其分布，磨纹的材质，磨盘的直径和转速，磨盘的间隙和压力调节机构，盘磨机的动力消耗等是要考虑的主要问题。

#### （一）磨纹结构与磨浆特征

##### 1. 齿形

（1）基本齿形类型 磨片的基本齿形分疏解型和帚化型两种。通常正锯齿形和斜锯齿形（如图 1-21a）的磨纹用来疏解纸浆；平齿形或圆齿形（如图 1-21b）的磨纹可用来帚化纸浆纤维。

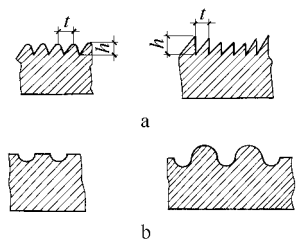


图 1-21 金属齿盘的齿形

a—锯齿形 b—平齿形和圆齿形

能否正常操作和达到预期打浆的效果。例如对于打浆浓度较高的纸浆，磨纹宜采用窄的刀纹和浅的沟槽，以便减少纸浆在沟槽中沉积与堵塞的现象，有助于纸浆的运动。当纸浆已经大多数成为单根纤维的状态

时，要进一步打浆以提高打浆度，满足纸张强度的要求，则磨纹的沟槽必须窄而浅。沟槽窄增加磨碎面积，沟槽浅有利于沟槽内的纸浆进入磨纹表面，磨纹表面保持有足够的纸浆，可获得充分的磨浆机会。而当较粗的纸浆在通过盘磨机磨盘要获得由粗到细的疏解和精磨过程时，则可在同一个磨盘面上分段设计出不同的磨纹。

用金属的磨纹疏解纸浆时，一般选用锯齿形磨纹；要求帚化时，一般选用平齿形或圆齿形的磨纹。

盘磨机不能像第二节所讨论的打浆机那样，可以通过改变落刀顺序和时间处理出不同的纸浆来，而是一次通过，在很短的时间里就得达到预期的效果。因此对磨纹的研究，是盘磨机发展中的重要一环。国外对于盘磨机磨纹的研究很重视，使用的磨纹类型很多，达上百种，并形成系列标准。

(3) 齿形结构 一般齿形凸出的高度（即沟槽的深度） $h$  在  $2\sim 8\text{mm}$  之间；凸出部分的间隔（即沟槽的宽度） $t$  与齿的形态、大小有关，可取  $4\sim 10\text{mm}$ 。根据产量和质量的要求不同，取其合适的数值。考虑到铸造时应有一定的拔模斜度，齿形为梯形。磨盘需要正反转时，可采用等腰梯形；只需要一个方向旋转时，可采用不等腰梯形。

## 2. 挡坝（封闭圈）

(1) 挡坝（封闭圈）作用 为使纸浆不致在齿纹之间直通出去，在磨片上设有挡浆坝，称为挡坝或封闭圈。在盘磨机的工作过程中，由于磨盘圆周运动所产生的离心力有使纸浆从沟槽中“泵出”的作用，如图 1-22 所示。当磨纹的转动方向与磨纹的倾斜方向相同时，磨纹对浆料起着“拉入”的作用而导致浆料在盘面间停留的时间增加；而当磨纹的转向与倾斜方向相反，则起“泵出”作用，浆料在盘面上停留时间较短。前者有利于浆料质量的提高，产量较低；后者有利于产量的增加，质量降低。因此，倾斜角度的大小当然影响着纸浆产量和质量的增减。挡坝就起到调节的作用。



图 1-22 畅通磨纹对纸浆导向作用  
a—“拉入”作用 b—“泵出”作用

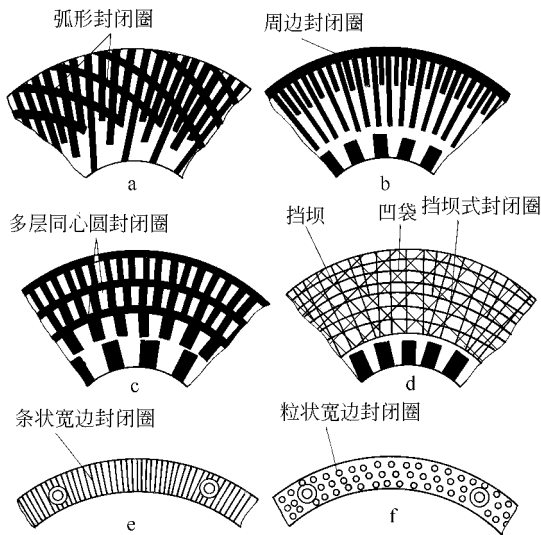


图 1-23 磨盘面上挡坝（封闭圈）示意图

(2) 挡坝形式 可在盘面上设置与盘的中心孔圆周成一角度的螺旋线，称之弧形封闭圈（图 1-23a），还有窄圈和宽圈之分，在宽圈上还可布置较细的磨纹，使浆料在周边环上得到最后的精整作用；也可在盘面上设置周边封闭圈（图 1-23b）；也可在盘面上形成几个同心圆，称之多层同心圆封闭圈（图 1-23c）；也可设置成凹袋式挡坝（图 1-23d）、条状宽边封闭圈（图 1-23e）及粒状宽边封闭圈（图 1-23f）等。根据不同工艺要求，采用不同形式的封闭圈。

研究表明，如果打浆浓度不高，使用无封闭边的开放式磨纹，对纸浆的泵送能力很强，出浆的压头和流量都比较大，打

浆不匀。这是由于受处理的纸浆通过高速回转的磨纹面时在沟槽中畅通无阻，未经处理就甩出磨盘之外。在转盘上设有周边封闭圈而定盘仍为开放式时，磨盘的泵送能力仍很强。这是因为此时纸浆虽不能通过转盘的沟槽顺利流出去，但却能通过定盘的沟槽无阻地挤出去，纸浆仍然未能得到充分处理。当转盘和定盘的磨面上都设有周边封闭圈时，出浆质量得到明显改善，但流量很小。典型磨纹见图 1-24。

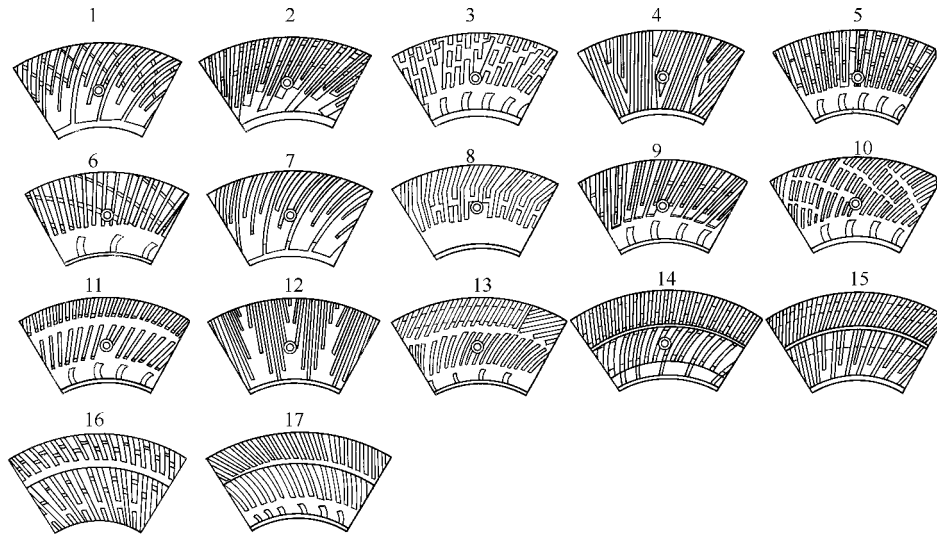


图 1-24 17 种典型磨纹图

### 3. 磨纹倾向（倾角）

(1) 对纸浆纤维的影响 当转盘和定盘的磨纹相对装配后，若磨纹互相平行（ $0^\circ$ ），由于磨纹刀缘齿合时的剪切作用最大，故对纸浆纤维的切断效果较大；而当转盘和定盘磨纹互相垂直（ $90^\circ$ ），由于没有构成刀缘啮合的剪切作用，主要是纸浆纤维相互摩擦而起着精整作用，故对纤维的撕裂和帚化能力大，生产能力也随之降低。因此，可根据浆种特性选择合适的倾斜角。

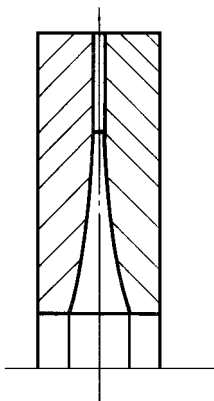


图 1-25 磨盘梯度示意图

(2) 对磨盘的影响 当转盘和定盘的磨纹在相对装配后，若磨纹互相平行（ $0^\circ$ ）时，虽然可能造成卡齿，但这种径向放射状排列也有其优点，可使磨盘正、反转能交错运行而可延长磨片寿命及提高磨浆工艺的稳定性。

### 4. 磨盘梯度

两个磨盘组合安装而构成磨区以后，由于磨盘内区的直径小、线速度低，纸浆在此区域的离心力小。因此必须有一定的配合锥度，形成足够的进浆通道使纸浆迅速进入磨区，使纸浆流动畅通。

所以，在设计磨盘的磨纹时，除了考虑磨纹的形状大小、封闭圈（或挡坝）的分布、磨纹的倾向及倾斜角、转盘与定盘上磨纹的相对位置等因素之外，还要考虑磨盘横切面上磨纹的梯度，如图 1-25 所示。适宜的梯度一方面有助于纸浆畅通地进入磨浆区，防止堵塞的现象，另一

方面使纸浆在离心力和纸浆进出口压差的运动动力源作用下迅速进行疏解，并沿着逐渐变小的间隙前进到达精磨区，在很短的时间内完成像打浆机一样从落轻刀到落重刀的打浆过程。对于处理较硬较浓的纸浆来说，磨盘上具有适宜的梯度就更为重要。

## （二）磨纹的材料与加工

### 1. 磨纹材质

磨纹材质直接影响到磨片的寿命（开始磨浆至换磨片的周期）。磨纹不耐磨，则寿命短，更换频繁，不但增加维修工时，而且使纸浆质量波动，因而直接影响盘磨机打浆的产量和质量，也直接影响造纸成本。所以，选用材质要考虑盘片本身的寿命周期费用和打浆质量的保证。

常使用的有白口铁、堆焊碳化钨、不锈钢、合金钢等磨片。也有的使用陶瓷烧结磨片，寿命可达两年。还有少数厂使用砂轮磨盘，寿命 60d 左右。

### 2. 磨片的制备

（1）冷激铸铁 它的制造方法是，首先制成一个金属磨片磨纹面的阴模，磨盘背面用砂模，然后把阴模和砂模对在一起，用一般的铸铁铁水浇铸。由于金属模冷却速度较快，在磨纹面形成一层耐磨的白口层，而磨片背面仍是易于加工的灰口铁。此法简单易行，一般铸造工场即可生产。

（2）碳化钨镶焊磨片齿纹面 加工程序是：①将灰口铸铁磨片坯件在车床上粗加工；②用气焊枪将各片齿纹均匀喷烧预热；③在磨纹面上堆填碳化钨层 1~1.5mm；④自然冷却；⑤在磨床上磨削平整。

（3）砂轮磨片 制造方法是在规格大小合适的碳化硅砂轮盘上刻上齿纹，然后用环氧树脂粘固在砂轮的托盘上，便可使用。用砂轮磨片处理草类纤维，帚化效果好而切断少。

（4）合金钢磨片 制造方法：①制造石蜡阳模；②制造阴模；③将炼合金水浇铸面磨片。

### 3. 磨片的表面加工

盘磨机装配后，两个磨盘面之间特别是精磨区之间的间隙必须高度均匀。打浆浓度 7% 左右的精磨区之间的间隙为纤维直径的 3~4 倍（约 0.05~0.09mm），因此磨盘表面加工十分重要。磨片的材质坚硬，再加上精度要求高，必须在专用的磨片面磨床上加工，对于多块式的大磨片须拼合后加工。

## （三）磨盘的直径和转速

（1）磨盘直径 当磨盘转速一定时，磨盘直径增大，则磨碎面积增加，周边线速度增大，因而生产能力提高，纸浆得到比较充分的处理。

（2）磨盘转速 当磨盘直径相同而转速提高时，则磨盘线速度增大，生产能力提高，但磨浆质量会有变化。当线速度约 1200m/min 时，主要是对纸浆纤维起切断作用，很少帚化；线速度约 1500m/min 时，切断与帚化相当；线速度约 1800m/min 时，主要是帚化，很少切断；线速度在 2100m/min 以上时，则对于纤维或纸片，具有良好的疏解帚化作用。

（3）磨盘直径和转速影响到功率消耗 对于泵送进料的盘磨机来说，整个功率消耗可以分为三部分：①磨盘在纸浆这样一种非牛顿型流体中旋转造成的消耗；②由于轴承摩擦，填料函摩擦以及泵送作用等方面的消耗；③有效的磨浆作业的消耗。

## （四）盘面间隙与调节机构

为控制盘磨机操作时磨盘面间保持一定的间隙、盘面间的纸浆保持着一定的打浆压力，

必须设置调节机构。盘面间隙与处理的纸浆的质量、处理量和动力消耗有着对应的密切关系。一般盘磨机工作时，精磨的盘磨机两盘面间的间隙必须保持在小纤维的直径大小。故盘面间隙的调节精度必须达到  $1/100\text{mm}$ 。这就要求盘磨机有良好的结构精度，有精确的间隙调节机构来完成间隙的调节。

生产中使用的有机械调节、电动—机械调节和液压调节三种机构。

(1) 机械调节 机械调节是用手轮摇动蜗杆蜗轮并通过梯形螺旋传动来使转盘移动达到调节盘间间隙的。调节量的大小可通过手轮处的指针和刻度盘表示出来。这种调节机构，虽然不够精确，但易于掌握，并且结构比较简单，容易操作，适用于小型盘磨机。

(2) 电动—机械调节 电动—机械调节是借助于小型电动机带动蜗杆蜗轮实现的。图 1-26 所示，是三盘磨盘面间隙电动蜗杆蜗轮调节机构。它由调节电动机 3 传动蜗轮箱 4 内的蜗轮副，最后使中心孔为螺孔的蜗轮 5 转动，结果蜗杆 6 做轴向移动。蜗杆 6 与磨盘移动座连接在一起，因而蜗杆 6 的轴向移动也是移动座作进退刀调节，实现调节磨盘间隙的目的。

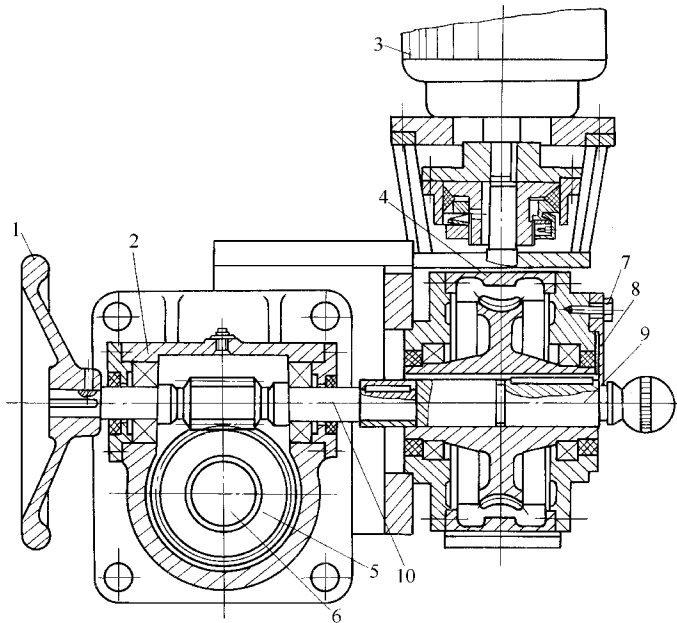


图 1-26 三盘磨盘面间隙电动蜗杆蜗轮调节机构

1—手轮 2—蜗轮箱 3—调节电机 4—电动蜗轮 5—蜗轮 6—蜗杆  
7—螺钉 8—插板 9—活动轴 10—螺杆

(3) 液压调节 现今国内外新设计的盘磨机大多采用液压控制的调节机构（图 1-27）。

## 四、盘磨机的动力消耗

### （一）盘磨机功率消耗的组成

盘磨机操作时消耗的功率包括：①磨浆区磨浆时消耗的功率  $P_1$ ；②纸浆离开磨浆区时的泵送功率  $P_2$ ；③磨室内纸浆与转盘非工作表面摩擦的功率  $P_3$ ；④主轴传动时轴承、密封等摩擦消耗功率  $P_4$ 。

所以，盘磨机磨浆时的功率消耗  $P$  为： $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$

### （二）盘磨机功率消耗与磨浆关联分析

盘磨机是一种连续生产的打浆设备。为了达到一定的产量和质量的要求，打浆时纸浆必

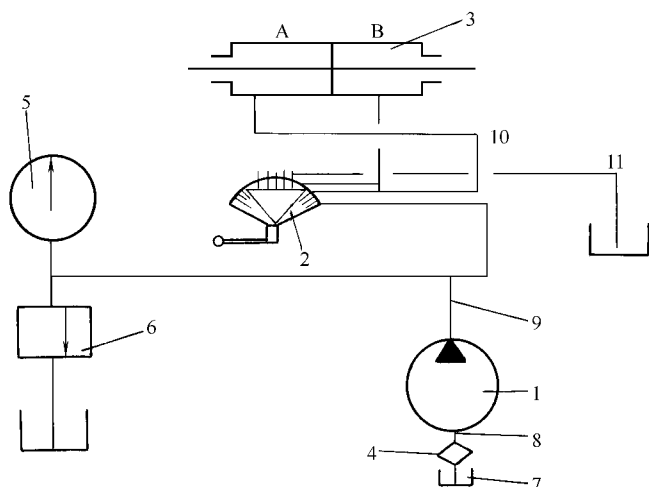


图 1-27 油压盘磨机磨盘调节油压系统

1—齿轮油泵 2—转动换向阀 3—油压 4—滤油器 5—压力表 6—低压溢流阀  
7—油箱 8—吸油箱 9—压油管 10—接油缸 A 腔油管 11—接油缸 B 腔油管

须连续地通过磨浆区，并均匀地布满整个磨盘面，在两个磨盘之间形成薄薄的浆层（或称浆膜）。纸浆从磨盘的中心进入磨浆区，在高速回转的磨盘带动下向着磨盘的圆周运动。由于离心力和圆周力联合作用，纸浆质点既有径向运动的趋向，又有作圆周运动的趋向；并由于转盘对定盘作高速的相对运动，两个磨面的齿纹和齿槽频繁交错，纸浆质点也就频繁地起落于齿纹与齿槽之间，因而纸浆质点随高速转动的磨盘的旋转而在两个磨盘面之间作近似于螺旋线的运动。在这个运动过程中，纸浆纤维（包括纤维束和单根纤维）经受各种力（如离心力、扭转力、剪切力、弯曲力、拉压力和水力冲击等）的作用，结果引起纸浆纤维的疏解分离、横断纵裂、吸水润胀、分丝起毛、细纤维化等各种变化。显然，在这个过程中纸浆纤维将相互剧烈地摩擦。由于在磨盘间隙间的纸浆薄层中的纤维束或纤维相互交错纠缠，而靠近转盘的纸浆纤维要比靠近定盘的纸浆纤维薄层中的纤维的运动速度高得多，随着这个速度差的增大，会使纸浆纤维之间激烈的摩擦作用加剧。

盘磨机动力消耗的计算有不同的方法。设纸浆在转盘上与定盘所产生的摩擦，是高流速下水力摩擦。根据流体动力学原理，可以认为，在两盘间空隙中，纸浆旋转角速度约为磨盘旋转角速度的一半。随着磨盘转速的提高和浆层厚度的减少，纸浆在盘间运动所绕的圈数也随之增加，速度加大。

在转盘与定盘的间隙内，纸浆所产生摩擦可分为两种。第一种是由于在盘间层流层的纸浆所产生的剪切力所引起。层流层厚度取决于从盘腔中径向排出的纸浆量、盘的转速、纸浆的黏度及雷诺数。当纸浆黏度一定时，在层流的纸浆层中，纸浆各层的剪切力取决于相对速度的大小，这个层流的摩擦力，可利用力矩的原理就可以求出层流摩擦所消耗的功率。第二种是由于在盘间纸浆湍流流动所产生的阻力，这是主要的。湍流阻力随纸浆磨面间的距离减小及纸浆速度的增加而增大。

在湍流情况下，磨盘间各层纸浆的平均圆周速度变化曲线如图 1-28 所示。曲线 1 表示单转盘（单盘磨）中纸浆的圆周速度；曲线 2 表示在回转方向相反的双转盘（双盘双动盘磨机）中纸浆的圆周速度。



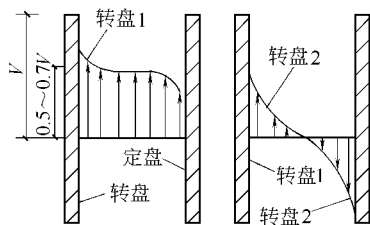


图 1-28 磨盘间浆料圆周速度的变化

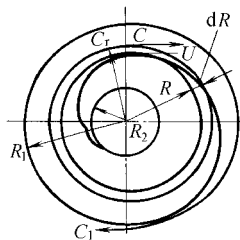


图 1-29 磨盘面上纸浆速度

### (三) 盘磨机功率消耗计算

基于上述的流体动力学条件，并根据摩擦力矩理论便可计算消耗在盘磨机中的动力。浆料在盘间流动时因摩擦而产生了剪切力。流动摩擦剪切力方程式是：

$$\tau = \zeta G v^2 / (2g) \quad (1-1)$$

式中  $\zeta$  ——摩擦因数

$G$  ——纸浆重力，N

$v$  ——磨盘线速度，m/s

$g$  ——重力加速度，m/s<sup>2</sup>

在半径为  $R$  处取一宽度为  $dR$  的环状磨碎面积，如图 1-29 所示。其摩擦力矩为  $dM$

$$dM = \tau \cdot 2\pi R dR \cdot R \quad (1-2)$$

将式 (1-1) 代入上式运算得：

$$dM = (\zeta G \pi R^4 \omega^2 / g) dR \quad (1-3)$$

式中  $\omega$  ——磨盘转动角速度

$R$  ——宽度  $dR$  的环状磨碎面积的摩擦半径

在  $0 \sim R$  区间积分得

$$M = \zeta G \pi R^5 \omega^2 / (5g)$$

经计算得：

$$P = K \rho n^3 (D_1^5 - D_2^5) \quad (1-4)$$

式中  $D_1$ 、 $D_2$  为有效磨碎区自  $R_1$  至  $R_2$  的环形面积的直径； $P = G/g$ ； $K = \zeta \pi^4 / 2040$

从公式 (1-4) 看出，盘磨机动力消耗与转速 3 次方及盘磨直径 5 次方成正比。生产量一定时，磨盘直径增大而转速减少则消耗动力会较大。故在满足工艺要求的情况下，选用转速较高而直径较小的磨盘较为经济。

纸浆在转盘与定盘间的摩擦系数，主要与雷诺数  $Re$ 、磨纹及沟槽的几何形状、磨盘间隙大小和磨面粗糙程度有关。当纸浆的浓度在 2%~5% 时，摩擦系数在 0.005~0.015 之间。

按上面公式计算的结果比实际测定的功率约小 10%~15%，这说明利用摩擦力矩理论计算出来的理论功率比实际功率偏低，但有一定的参考价值。

## 五、盘磨机的选用

我国目前使用的盘磨机有各种不同的类型和种类。由于结构形式和规格大小的差异，分成许多不同型号的盘磨机，其中有通用的，也有专用的。

### 1. 单盘磨机（双盘单动盘磨机）

单盘磨机结构较为简单，检修较为方便。由于只有一对磨片组成的磨区，调整其中一个磨盘的位置，即可改变磨区的间隙大小，而且间隙大小可以在较大范围内调节，调节方便，

灵敏度较高，单盘磨机这些优点，使它对纤维原料的不同种类、不同浓度的适应性较大。它既可以处理比较柔软的化学浆，也可以处理比较粗硬的半化学浆；可以处理一般浓度（3%~5%）的纸浆，也可处理较高浓度（5%~7%）的纸浆。

随着盘磨机进料结构、磨盘结构、磨室结构以及相关结构的改变，还可以用它处理中、高浓度（10%~13%以上）的化学浆、半化学浆，以及经过一定预处理的各种纤维原料，制取化学机械浆或机械浆。它的用途之广是目前使用的三盘磨机（双磨区的双盘磨机）不能比拟的。

2. 双盘磨机（双盘双动盘磨浆机）

双盘磨浆机与同样磨盘规格的单盘磨机相比，相对速度增加一倍。因此施加于纸浆纤维上的扭转、弯曲和摩擦力相应加大，有利于纤维的分离和帚化。由于作用于纸浆纤维上的切向速度相互抵消，径向离心速度加大，因而对提高磨浆质量和产量均有好处。这是双盘磨机发展的主要依据。

双盘磨机两个磨盘都装配在主轴上，因此纸浆进入磨区不能像单盘磨机一样轴向进入，而必须靠设在其中一个转盘上绕转轴作圆周分布的若干个孔口而进入盘磨机的磨区。对于小型的盘磨机，由于磨盘直径小，不宜开这些进浆孔口，否则进料困难，易于搭桥堵塞。因此，双盘磨机通常是适用于磨盘规格比较大的打浆操作单元。

3. 三盘磨机（双磨区单动盘磨机）

三盘磨机是相对于单盘磨机和双盘磨机的双盘磨机来说。由于在磨室里装有两对磨片组成两个磨区，相当于两台单盘磨的磨浆能力，因此它的生产能力大，作为细浆的精浆设备来说，都是磨浆的工作面，不像单盘磨机一样，转盘上有一个侧面是非工作面。而且，由于两对磨片装在一个磨室内磨浆，转轴（盘磨机主轴）只有一根，轴承装置和密封装置相应只有一套。但若两对磨片分别装在一台单盘磨机的磨室内操作，变成两台单盘磨时则轴承装置和密封装置就要多出一套。

因此，三盘磨机比较单盘磨机来说，无用功率消耗大幅度降低。这是三盘磨机单位动力消耗较低的主要原因。

另外，由于双磨区磨浆，磨浆时的轴向压力抵消，使主轴上轴承的负荷大幅减少，因而提高轴承的寿命，减少设备的维修量。

六、盘磨机的主要技术特征

1. 盘磨机磨浆特性

盘磨机磨浆特性如表 1-10 所示。

表 1-10 盘磨机磨浆微观特性

| 指 标                      | 针叶材浆    | 阔叶材浆    |
|--------------------------|---------|---------|
| 打浆浓度/%                   | 3.4~4.5 | 4.5~5.5 |
| 打浆线速度/(m/s)              | 15~25   | 15~25   |
| 磨牙宽度/mm                  | 3.5~4.8 | 2.4~3.5 |
| 磨沟宽度/mm                  | 3.5~5.0 | 1.5~3.0 |
| 磨沟深度/mm                  | 7.0     | 5.0     |
| 磨浆强度/(J/m)               | 1.7~4.5 | 0.5~1.5 |
| 磨浆强度/(J/m <sup>2</sup> ) | 370~720 | 180~360 |

## 2. 我国生产的盘磨机类型及其主要技术特征

目前, 国外已能生产和使用低浓度双盘磨机单机处理能力达 350t/d 以上, 盘面直径为 18~58in (467~1473mm), 配置动力 200~850kW。

我国通常使用的盘磨机的型号有 ZDP 系列。其中 ZDP<sub>1</sub>、ZDP<sub>2</sub>、ZDP<sub>3</sub>、ZDP<sub>4</sub>、ZDP<sub>8</sub> 和 ZDP<sub>9</sub> 为单动盘磨机; ZDP<sub>11</sub>、ZDP<sub>12</sub>、ZDP<sub>13</sub>、ZDP<sub>15</sub> 是三盘磨机; ZDP<sub>21</sub> 是  $\phi$ 915 的双动盘磨机。它们中常用的盘磨浆机, 主要技术特征列于表 1-11 和表 1-12。

表 1-11 我国通用的典型三盘(单动盘)磨机主要技术特征

| 型 号                     | ZDP <sub>11</sub> | ZDP <sub>12</sub> | ZDP <sub>13</sub>        | ZDP <sub>15</sub> |
|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| 盘径/mm                   | 450               | 350               | 500/550/600              | 650/700/750       |
| 磨浆量/(t/d)               | 8~60              | 4~20              | 15~130                   | 35~350            |
| 磨浆浓度/%                  | 2~5               | 2.4~4.5           | 3~5                      | 2~5               |
| 类别                      | 双圆盘磨              | 双圆盘磨              | 双圆盘磨                     | 双圆盘磨              |
| 盘转速/r·min <sup>-1</sup> | 960               | 1470              | 960                      | 750               |
| 进浆口尺寸/mm                | $\phi$ 65(2)      | $\phi$ 50(2)      | $\phi$ 90~ $\phi$ 125(2) | $\phi$ 125(2)     |
| 出浆口尺寸/mm                | $\phi$ 70(1)      | $\phi$ 65         | $\phi$ 110               | $\phi$ 150        |
| 进浆压力/MPa                | 0.1~0.2           | 0.15~0.20         | 0.15~0.20                | 0.15~0.20         |
| 主机功率/kW                 | 90,110            | 55~75             | 132~280                  | 315~630           |

表 1-12 国产单动和双动盘磨机主要技术特征

| 型 号                     | 单动 ZDP <sub>1</sub> | 单动 ZDP <sub>2</sub> | 单动 ZDP <sub>3</sub> | 单动 ZDP <sub>8</sub> | 单动 ZDP <sub>9</sub> | 双盘双动盘磨机 ZDP <sub>21</sub> |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| 盘径/mm                   | 400                 | 500                 | 600                 | 330                 | 1250                | 915                       |
| 磨浆量/(t/d)               | 2~12                | 3~15                | 10~30               | 8.4~16.8            | —                   | 7~10                      |
| 磨浆浓度/%                  | 3~5                 | 3~5                 | 3~5                 | 3~4                 | 3~5                 | 3~5                       |
| 盘转速/r·min <sup>-1</sup> | 1470                | 1470                | 1470                | 1470                | 1470                | 960                       |
| 进浆口尺寸/mm                | $\phi$ 100          | 150×200             | 250×190             | $\phi$ 100          | 100×100             | 300×185                   |
| 出浆口尺寸/mm                | $\phi$ 100          | $\phi$ 100          | $\phi$ 100          | $\phi$ 100          | $\phi$ 150          | 640×290                   |
| 主机功率/kW                 | 45~55               | 55~75               | 55~110              | 30                  | 40                  | 2×130                     |

# 第六节 中、高浓打浆设备

## 一、概 述

随着打浆设备的不断改进和更新, 打浆的技术水平也在不断地提高。而中、高浓打浆技术的研究成功及其生产应用, 则是打浆技术发展的重大突破。它不但引起了打浆工艺的变化, 还促进了制浆工艺的发展。

按照工程上习惯, 打浆浓度在 10% 以下时称为低浓打浆, 10%~20% 浓度为中浓打浆, 打浆浓度 20% 以上时才称为高浓打浆。但在因为实际生产中, 由于大部分生产一直沿用低浓打浆, 故常把打浆浓度在 5%~8% 时称为中浓打浆或高浓打浆。

发展中、高浓打浆, 最主要效果是明显提高打浆质量和降低能耗。打浆质量的提高主要是由于高浓打浆时浆料纤维在齿缘和齿上形成垫层, 从而减少切断作用, 增加细纤维化; 打

浆能耗的降低主要是由于高浓打浆时浆料纤维之间摩擦作用的增加，减少磨盘相互间接触的可能性，从而使打浆的比能耗（单位打浆电耗）降低。15%浓度打浆比能耗要比9%打浆时低40%左右。

通常中、高浓打浆工艺不是在传统的槽式打浆机内进行，而是通过中、高浓圆盘磨浆机或其他中、高浓打浆设备来实现的。并且，中、高浓打浆设备尤其是中、高浓圆盘磨浆机并不局限用于蒸煮之后的本色浆或者经漂白后的漂白浆的高浓打浆，而且还广泛地用它来磨制化学机械浆、热磨机械浆等，它们都是在中、高浓条件下操作的。显然，中、高浓打浆设备不但能起半料浆或成浆高浓的打浆作用，还能对纤维原料起高浓磨制和打浆的双重作用。

## 二、中高浓盘磨机

中高浓度盘磨机是由一般的盘磨机发展而来的，主要有卧式单盘磨机和双（转）盘磨机，也有立式单盘磨机，图1-30是这三种类型的中浓度磨浆机的示意图。使用得广泛的是卧式中高浓度盘磨机，其中卧式单盘磨机用得尤为普遍。

下面叙述中浓盘磨机的结构与特点、调节机构和动力消耗等问题。

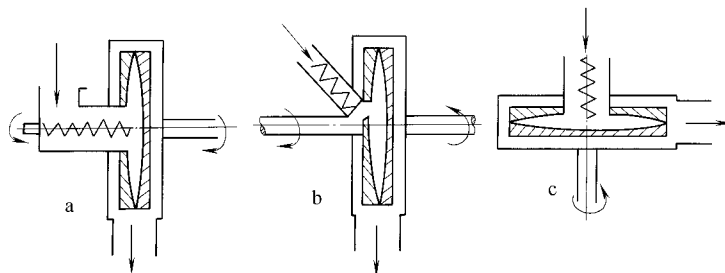


图 1-30 中浓盘磨机三种类型

a—卧式单盘磨机 b—卧式双盘磨机 c—立式单盘磨机

### （一）中浓盘磨机的结构与特点

（1）中浓盘磨机与通常的盘磨机比较，整体结构坚固，刚性大。高浓磨浆的轴向力很大，几吨到十几吨。在这样大的轴向力作用下，要保持磨盘之间良好的平行度，机械结构必须有足够的刚度。为此，主轴的轴承滑座固定在箱式机座上，磨室壳体也直接支承和固紧在箱式机座上。这样，机座、轴承滑座和磨室壳体便成为一个整体，并通过箱式机座安装在底板或者直接安装在基础上。

（2）中高浓盘磨机要求几何形状对称，热影响小。中高浓盘磨机磨浆时产生大量的热迅速传递到磨室壳体和机座上，且变为蒸汽，具有一定的蒸汽压，必须迅速排出，否则会影响正常操作。为了避免由于壳体和机座受热变形而影响磨盘的平行度，壳体和机座的几何形状必须力求对称。对于大型的高浓盘磨机，机座可通过恒温装置保持一定的温度。

（3）中高浓盘磨机要求盘径大。由于中高浓条件下打浆进浆相对困难，在进料口喂料螺旋的存在使盘中心区域的打浆作用减少，势必要求磨盘直径较大才能达到打浆效果。一般盘径在 $\phi 600$ 以上。

（4）磨盘的齿纹面需有较大的梯度。用于中高浓打浆的磨盘齿纹面必须有比低浓打浆的

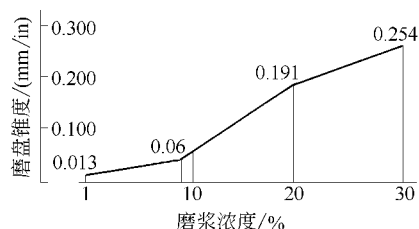


图 1-31 木浆中高浓磨浆金属磨盘磨浆面的锥度与浓度的关系参考值

注 1in=25.4mm

磨盘有较大的梯度，对于不同的纤维原料或不同的浆料，梯度值也应有所不同。合适的梯度值通常由试验测定。相同的浆料，浓度不同要求的磨盘梯度也不相同。须通过试验确定合适的梯度值。图 1-31 为木浆中高浓磨浆时随浓度不同而相应的磨盘磨浆面的梯度参考值。图中梯度值以两个磨盘合拢时磨浆面形成的锥度来表示。

(5) 中高浓度盘磨机盘齿纹的结构及材质。由于磨盘的磨浆面的内区、中区和外区的线速度不同，内区和中区的磨损较慢，外区的磨损较快。金属磨面内区和中区的磨损量往往只是外区磨损量的  $1/3 \sim 1/2$ 。因而可设计和制成三个区域的磨片能够单独更换，便可大大节省费用。中高浓度打浆的磨盘大多数采用 Ni—Cr 合金钢磨盘。除此之外，也发展了一些非金属磨盘，如人造石磨盘等。

(6) 转盘轴头的锁紧螺母。转动磨片的底盘（或称托盘）通常与主轴一端以一定的锥度配合，然后用一个螺母锁紧。这个螺母称为转盘轴头锁紧螺母。它一方面是用来把转盘与主轴紧固，另一方面是把纸浆沿磨盘的径向送进磨区。因此这个锁紧螺母上的旋翼与浆泵的泵翼相似，才能起到有效的甩浆作用。否则，高浓度纸浆就会在这个区域堵塞。

(7) 中高浓打浆的加料器和喂料螺旋。连续均匀定量的进浆是中高浓度打浆的前提，以保证磨区连续均匀定量地进行操作，磨浆负荷始终保持稳定。从浓缩设备（如螺旋压榨机或双辊浓缩机等）来的中高浓度纸浆在高浓度定量加料器里缓冲和贮存，同时又在此连续、均匀、定量地送入盘磨机喂料螺旋（图 1-32）。来自高浓度定量加料器来的纸浆经螺旋加料器强制送入盘磨机的磨室中。螺旋的直径尽可能大些，以使高浓纸浆一经到达磨区，就获得较高的离心加速度，顺利导入磨区，螺旋端部伸入磨室内，与转盘轴头锁紧螺母的端部保持一个适当的间距，约 20mm 左右。这样，高浓度纸浆一到达喂料螺旋的端部，便会紧接着受到转盘轴头锁紧螺母上的翼片的加速作用而很快甩向磨区。

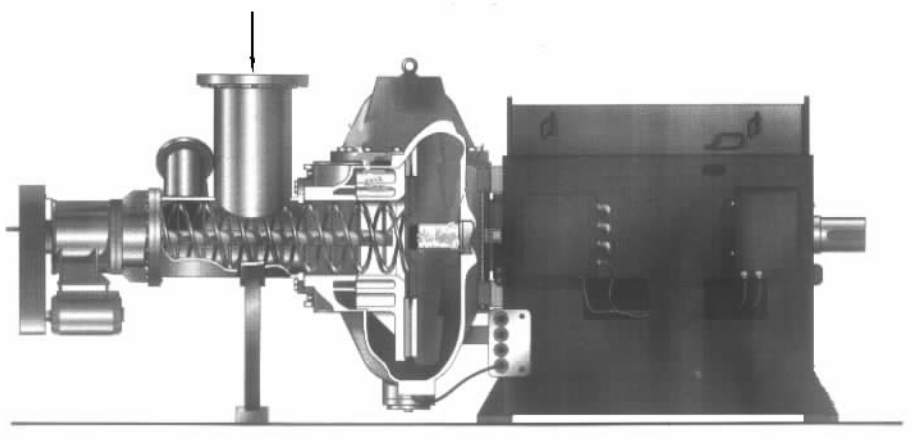


图 1-32 中高浓度盘磨机喂料螺旋及盘腔结构图

(8) 中高浓盘磨机磨室的排料口。低浓打浆的盘磨机，纸浆出口有一定的压头，因而排料不成问题。而中高浓打浆的盘磨机，热磨时可靠蒸汽压力排放；非压力排放的则在磨室下方设有足够大的排料口（对于小型的非压力排放的中高浓度盘磨机则可以在磨室下方设全开

式的垂直排料口)，以使纸浆排出时畅通无阻。排放口与磨室弧形连接的地方必须圆滑过渡，以避免任何阻浆的现象发生。

## （二）中、高浓度盘磨机的调节机构

中、高浓盘磨机磨盘间隙和压力调节机构也是有手动的蜗杆蜗轮机械调节机构、电动的蜗杆蜗轮电动机机械调节机构和油压系统调节机构等三类。

用得较多的是油压系统调节机构，因为它调节方便、可靠，能产生巨大的轴向力且大小可以随意调节。我国系列的盘磨机多数是油压系统调节间隙和压力。对于小型的中、高浓盘磨机可采用简单的油压系统便能满足操作要求。大型的中、高浓盘磨机磨盘调节的油压系统比较复杂。

中、高浓度盘磨机液压系统其调节原理简要说明如下：

### 1. 磨盘间隙调节原理

在盘磨机起动之前，可将磨盘间隙调至 10mm，定为盘磨机安全起动的最大距离。此时开动油泵电动机，则油泵将油箱中的油通过滤油器而吸入。由油泵排出的压力油经换热器，使输入系统的油温适当。然后油液经溢流阀调压，具有一定压力的油液通过单向阀，部分压力油由蓄能器储存，以保证在油泵停止操作时系统仍保持着一定的压力。送入系统的压力油的压力由压力表指示。压力油通过油管而进入导向阀。导向阀用以调整送入缸室压力。导向阀的阀芯若处于中性位置，则缸室 A 和缸室（B+B1）中的压力平衡，盘磨机磨盘的间隙仍为预先调整好的 10mm。当盘磨机主电动机启动之后，动盘开始高速转动，这时可以操作调节装置，以控制导向阀阀芯的位置，从而达到调节间隙的目的。一般间隙根据浓度调至为 0.1~0.5mm 为宜。

### 2. 操作压力的调节原理

如上所述，借助于调整螺旋便可调整固定磨盘和转动磨盘之间有一个合适的间隙，大小在具有 0.02mm 间距的刻度的光学放大仪上显出。盘间的间隙调好之后，便可着手进行磨浆操作压力的调整。

压力的调节原理是：高浓度盘磨机液压系统中，盘磨机电机侧轴承设计成一个活塞，活塞就是这个轴承壳的滑座。这个缸室称为 B1，与操作侧的缸室 B 相连通。B 和 B1 两个缸室的油压面积之和为 1170cm<sup>2</sup>。操作侧缸室 A 的油压面积为 594cm<sup>2</sup>。缸室 A 以及缸室 B 和缸室 B1 中的压力由导向阀调整。

当压力油通入液压系统时，操作侧的油缸活塞、调整螺旋和导向阀的阀芯均作轴向移动，直至导向阀阀芯位置；而当磨盘之间出现某一磨浆压力时，活塞即发生移动，导向阀的阀芯位置也随之变化而离开中性位置，使各缸室内的压力改变，直至缸室 A 和缸室（B+B1）的压力达到新的平衡，也即导向阀的阀芯处于一个新的中性位置为止。

但实际上导向阀阀芯的行程长度在 0.01~0.02mm 之间，因而使固定磨盘与转动磨盘之间的间隙趋于恒定，与磨浆压力的大小和变化无关。缸室 A 的压力大小以及缸室（B+B1）内的总压力分别由安装在仪表盘上的压力表上读出。这时磨浆压力的大小由缸室（B+B1）内的总压力与缸室 A 内的压力表来确定。

## 三、圆柱高浓磨浆机

### （一）圆柱形高浓磨浆机的工作原理

图 1-33 表示圆柱高浓磨浆机的工作原理。当水和纤维的悬浮液以 2%~6% 的浓度从中

心水平方向进入静止不动的分浆圆筒 6 的进浆口 A 的时候，由于转动磨环 1 沿逆时针方向回转时，纤维悬浮液以一定的压头穿过转动磨环上的较大的锥形孔而到达转动磨环与可调的定子压板 9 之间的圆弧形缝隙，于是圆弧缝隙中的纸浆一边由定子压板的较小的较多的锥形孔脱水，一边受到磨浆处理。这时磨浆过程是在较高的浓度下进行。处理好了的从定子压板的圆锥形孔排出来的合格纤维与先期排出的水混合在一起恢复了原来进浆时的低浓度状态。因此，圆柱形高浓磨浆机的磨浆全过程是低浓度进浆、高浓度磨浆（一般可达到 20% 以上的浓度）、低浓度出浆的过程。因此，高浓圆柱形磨浆机不需要另外配用高浓进浆装置，使流程简化。

（二）圆柱形高浓磨浆机的类型和主要技术特征

圆柱形高浓磨浆机机械调节和液压的两个类型。它们当中又分若干型号。

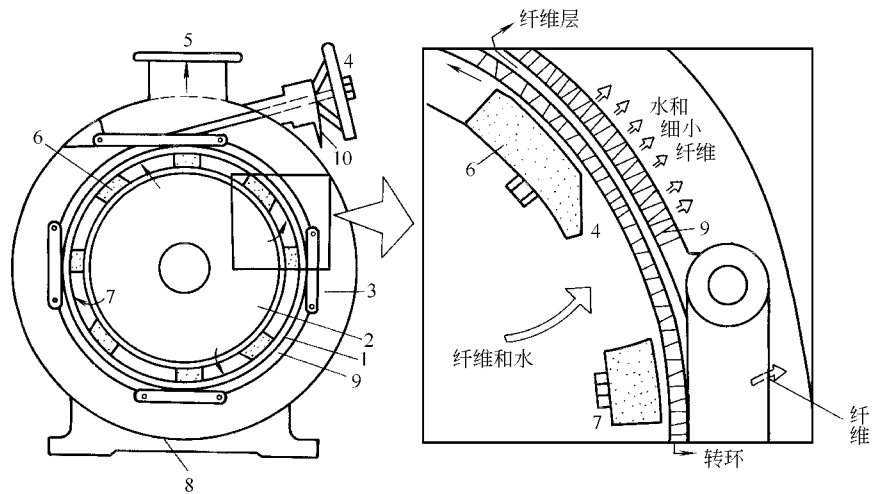


图 1-33 圆柱形高浓磨浆机

1—转动磨环 2—进浆室 3—拉板 4—操作手轮 5—出浆口 6—分浆圆筒  
7—挡板 8—排渣口 9—定子压板 10—定位机构

（1）机械调节的圆柱形高浓磨机。它是通过手轮和螺杆螺母机构调节定子压板，以调整定子压板与转动磨环之间的缝隙，如图 1-33 所示就是机械调节的圆柱形高浓磨浆机。这种调节机构适用于小型的高浓磨浆机。

（2）液压调节的圆柱形高浓磨浆机。这种圆柱形高浓磨浆机的工作原理与机械调节的相同，但它的定子压板是由液压缸来调节的。这种调节机构调节方便，从小型号到大型号的圆柱形高浓磨浆机都适用。

（3）国产 ZDY11 型高浓圆柱形磨浆机技术参数见表 1-13。

表 1-13 国产 ZDY11 型高浓圆柱形磨浆机技术参数

| 项 目        | 参 数 | 项 目      | 参 数  |
|------------|-----|----------|------|
| 生产能力/（t/d） | 15  | 出浆浓度/%   | 4~6  |
| 进浆浓度/%     | 4~6 | 进浆压力/MPa | 0.14 |
| 磨浆浓度/%     | ~20 | 出浆压力/MPa | 0.04 |

续表

| 项 目      | 参 数                   | 项 目                       | 参 数  |
|----------|-----------------------|---------------------------|------|
| 转子尺寸/mm  | $\phi 450 \times 165$ | 电机功率/kW                   | 135  |
| 进浆口直径/mm | 100                   | 电机转速/ $r \cdot \min^{-1}$ | 1500 |
| 出浆口直径/mm | 100                   | 定子加压方式                    | 机械加压 |

(4) 瑞典威尔克圆柱形高浓磨浆机 (Eur-Control Vargo Refiner) 的型号及主要技术特征如表 1-14 所列。

表 1-14 威尔克圆柱高浓磨浆机的型号及主要技术特征

| 型 号                         | 600      | 650      | 1000     |
|-----------------------------|----------|----------|----------|
| 生产能力/ (t/d)                 | 20~60    | 40~100   | 80~200   |
| 进浆浓度/%                      | 2.5~6    | 2.5~6    | 2.5~6    |
| 磨浆浓度/%                      | 8~35     | 8~35     | 8~35     |
| 出浆浓度/%                      | 2.5~6    | 2.5~6    | 2.5~6    |
| 进浆压力/MPa                    | 0.15~0.5 | 0.15~0.5 | 0.15~0.5 |
| 出浆压力/MPa                    | 0.03     | 0.03     | 0.03     |
| 转动磨环转速/ $r \cdot \min^{-1}$ | 700      | 650      | 450      |
| 设备重量/kg                     | 1000     | 1500     | 4100     |
| 电动机功率/kW                    | 100~200  | 150~400  | 300~700  |
| 调节形式                        | 机械或电动—机械 | 液压       | 液压       |

## 第七节 疏解设备

### 一、概 述

从造纸打浆工艺来讲, 希望纸浆纤维处理得细、柔、相对长一些, 即希望纸浆纤维得到充分分离后再磨浆细纤维化。故疏解的目标是将纤维团离解成单根的、润湿的、相当纤维化的纤维。因此, 此类设备的侧重点和打浆机、磨浆机不同。疏解设备是在各类打浆设备的基础上, 根据生产需要及打浆设备的功能趋向专门化时分离完善出来的, 它的核心机构原理也与打浆设备有不同之处。

现在在生产中, 疏解设备是作为废纸 (商品废纸、回抄废纸) 碎浆后与打浆之间的功能性中间单元设备; 有时, 当工厂制浆设备能力受到限制时, 采用疏解机来增加制浆机械的碎浆能力。在现代生产中, 疏解机可以说是一种最普遍配置使用的设备之一。

基本的疏解机型式为高速磨浆机型, 只不过齿纹相对粗糙、齿间疏解间隙较宽, 不致发生磨浆机那样磨浆处理; 一般疏解间隙为 0.5mm (磨浆间隙, 约为  $100\mu\text{m}$ )。外周线速度约 40m/s。当纸浆通过疏解机齿间时, 受到强烈的水化剪切力、机械冲击力, 且不断改变其运动方向速度数次。



## 二、疏解机的类型与结构特征

高频疏解机是一种疏解设备。它是由一个高速回转的转盘和一个固定的定盘组成。通常使用的高频疏解机，分中间咬合型（圆盘式咬合型和锥盘咬合型）、平行板形和圆锥形。

### （一）中间咬合型

图 1-34 表示圆盘式中间咬合型高频疏解机的转盘和定盘图。

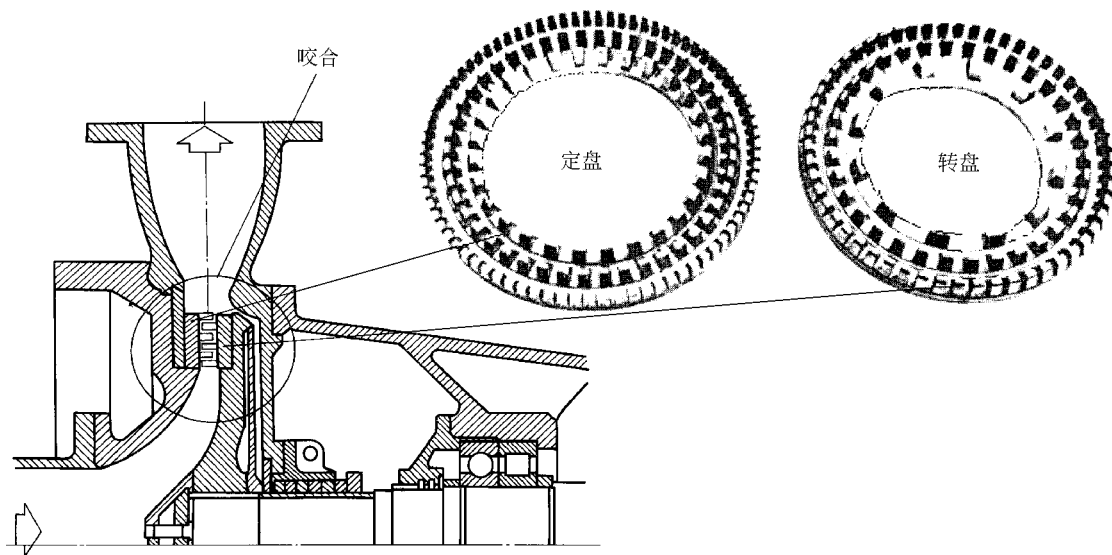


图 1-34 圆盘式中间咬合型高频疏解机及定盘、转盘图

转盘上的齿环套在定盘上齿环的内侧。齿环上的齿数自内向外逐渐增加，并且齿间间隙逐渐变小，使通过转盘与定盘间的浆流被逐次分散成更细的浆流，所受到机械冲击作用也就越来越大。在高频率的机械和水力的作用下，纤维束便分散成单根纤维。

### （二）平行板型

图 1-35 表示平行板型高频疏解机的转盘和定盘图。工作部件是转盘和定盘，平行板装

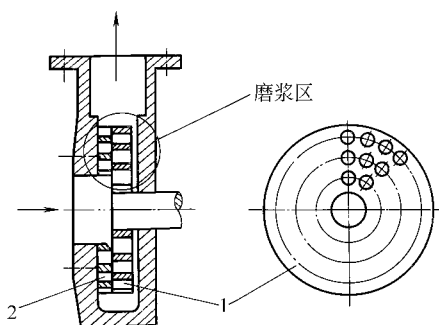


图 1-35 孔盘式高频疏解机转盘和定盘图

1—转动齿盘 2—固定齿盘

有的刀片或沟槽彼此相对的；或是转盘和定盘刀中的孔是相对的。除钻孔组件外，与盘磨机的组件相似，但效率低。现较少采用。图 1-35 表示孔盘式高频疏解机转盘和定盘，转盘和定盘上都均匀布着通孔，浆流沿着转盘和定盘上圆孔交替地迂回运动。在这样的运动过程中，同样地，由于机械和水力的作用，对通过的纸浆起疏解作用。

### （三）圆锥形疏解机

此类疏解机具有截锥转盘和定盘，两者间有一定锥度配合的齿盘式高频疏解机，有的称锥齿式高频疏解机。它的转盘和定盘齿槽通道与轴的

中心线的夹角为  $140^{\circ}$ 。齿盘转速为  $3000\text{r/min}$  左右，产量  $20\sim 400\text{t/d}$ ，配用电动机功率相应为  $55\sim 400\text{kW}$ 。目前应用较广泛。图 1-36 表示大锥度高频疏解机，图 1-37 为圆锥形疏解机的转齿盘和定齿盘图。

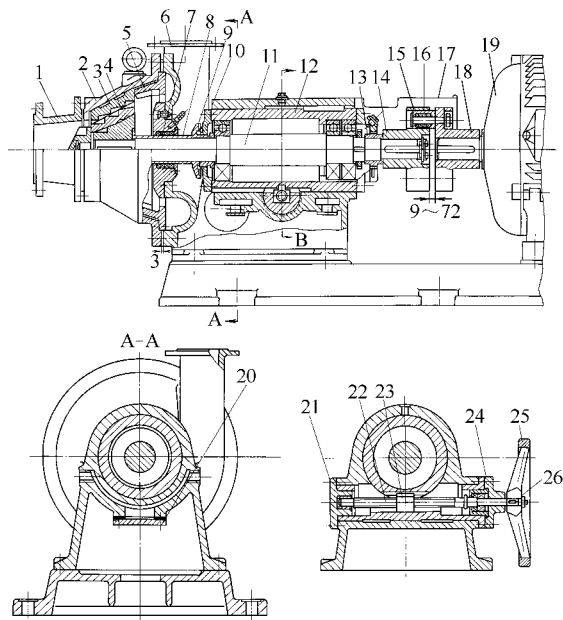


图 1-36 齿盘式高频疏解机

- 1—进浆管 2—定子外壳 3—定子 4—转子 5—定子压环 6—出浆管 7—水密封圈 8—轴套 9—迷宫油封  
10—轴承盖 11—主轴 12—轴承外壳 13—螺旋油封圈 14—主轴联轴器接盘 15—套筒 16—橡皮垫圈  
17—防护罩 18—电机联轴器接盘 19—电机 20—封盖 21—盖板 22—螺杆  
23—滑块 24—盖 25—手轮 26—手轮指示牌

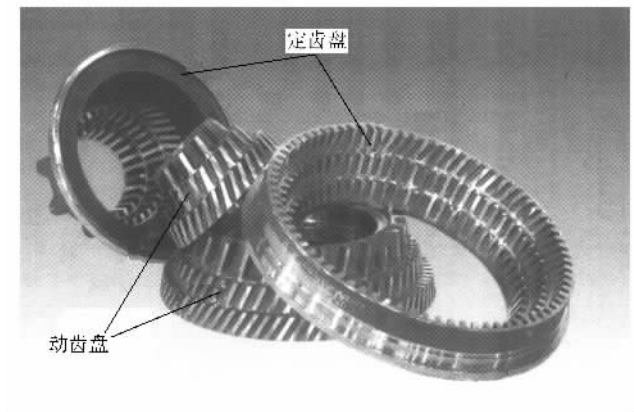


图 1-37 圆锥形疏解机的转齿盘和定齿盘图

### 三、高频疏解机的技术指标与应用

#### (一) 主要技术指标

国外生产的高频疏解机生产能力为  $5\sim 620\text{t/d}$ ，配用电动机功率为  $55\sim 630\text{kW}$ ，转子转速为  $1500\sim 1000\text{r/min}$ 。国产高频疏解机主要技术指标见表 1-15。

表 1-15

国产高频疏解机型主要技术指标

| 项 目             | 参 数      |          | 项 目                       | 参 数  |       |
|-----------------|----------|----------|---------------------------|------|-------|
|                 | 普通       | XZJ31    |                           | 普通   | XZJ31 |
| 生产能力/(t/d)      | 50(60)   | 100(120) | 进浆口直径/mm                  | 100  | 150   |
| 浆流量/(L/min)     | 250~1000 | 500~2000 | 出浆口直径/mm                  | 100  | 150   |
| 工作浓度/%          | 3~6      | 3~6      | 电机功率/kW                   | 75   | 160   |
| 进浆压力/MPa        | 0.15~0.2 | 0.15~0.2 | 电机转速/ $r \cdot \min^{-1}$ | 3000 | 1500  |
| 水封压力 > 出浆压力/MPa | 0.05     | 0.05     | 毛重/kg                     | —    | 2900  |

## (二) 高频疏解机使用

(1) 齿环材料的选择 齿环的材料对于高频疏解机很重要，特别是配用处理废纸时。齿环材料应耐磨且韧性好，以免断齿。理想的材料是优质合金钢，经表面渗碳淬火处理的铬钢，以达到外硬内韧，但考虑到齿环上齿密而单薄，在一般热处理时易产生裂纹，故也有选择不需特殊处理的既耐磨、韧性又大的硅锰钢 55C<sub>2</sub>。它的主要成分为碳 0.52%~0.6%，硅 1.5%~2.0%，锰 0.6%~0.9%。但要经过一次正火处理，使它的硬度达到一定硬度，否则太软不耐磨。

(2) 转盘的平衡 在转盘 3000r/min 的工作条件下，转动件的宽度  $B$  与直径  $D$  的比例不大于 0.55（即  $B/D \leq 0.55$ ）时可以不考虑校动平衡。但是对于静平衡的要求很高，重心偏移量要求控制在 0.013mm 之内。通常是采取控制运转部件几何尺寸精度的办法，以保证转动部件转动后静平衡质量。

(3) 齿盘间隙 和各类磨浆机一样，高频疏解机在运行过程中，盘齿不断受到磨损，需要通过间隙调节机构调整齿盘间隙，以保证疏解质量。

(4) 纸浆杂物分离 为了避免金属、石块等杂物碰坏齿环或齿盘，应在高频疏解机前配置良好的纸浆净化设备。

## 第二章 造纸机概述

### 第一节 造纸机的发展

造纸术是我国劳动人民的创造。东汉时（公元 2 世纪初）蔡伦总结整理了前人的经验，发明了一套较完整的手工抄纸术，为人类文明的发展做出了伟大的贡献。手工抄纸术迄今仍用于抄制高级的特种纸。

现代的机器造纸技术是 17 世纪以来在西方各国发展起来的。1799 年法国的罗贝尔特（Louis Rrobert）发明了连续抄纸的机器，是由一条张紧在两个辊子之间的无端网带及一些附件所组成，如图 2-1 所示；纸浆上网靠旋转桨叶及挡浆板来完成，挤水辊具有压榨的作用，经脱水，压榨后的湿纸幅由卷纸辊卷起来。从卷纸辊退出的湿纸幅再经过若干压榨辊挤压去水分后，挂起干燥成纸页。

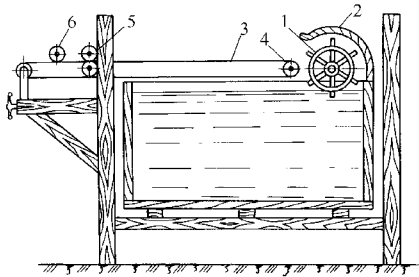


图 2-1 罗贝尔特发明的纸机示意图

1—旋转桨叶 2—挡浆板 3—网 4—胸辊  
5—挤水辊 6—卷纸辊

1803 年，法国人达都（Leger Didot）和英国机师唐金（B. Donkin）完成了对罗贝尔特发明技术的改进，制成了世界第一台工业生产用的造纸机，人们称为唐金纸机，如图 2-2 所示。可以看出，唐金纸机已接近于现代纸机的工作原理。保持搅拌状态的纸浆从浆槽型流浆箱通过斜槽流到无端网布上和定边装置之间。湿纸页如罗贝尔特纸机那样通过挤水辊之间，由于唐金纸机具有移动的上毛毯，结构就更为合理。该毛毯也改善了纸浆的稳定性。湿纸幅又向前行经压榨辊，最后卷绕在纸辊上。

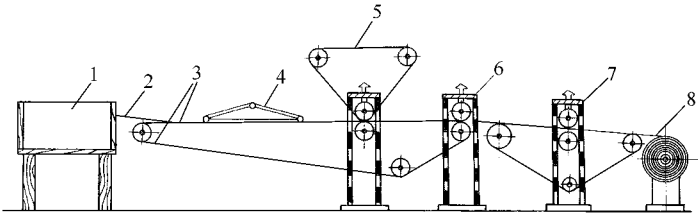


图 2-2 唐金的造纸机

1—浆槽 2—斜槽 3—无端网 4—定边装置 5—毛毯 6、7—压榨辊 8—纸卷

1807 年，美国人金赛（Kinsey）提出了圆网造纸机的专利，1817 年第一台圆网造纸机在美国运行投产。

1816 年在造纸机上设置了烘缸，走出了湿抄纸的范围而达到在机上烘干制成纸幅成品

的目的。1826 年，长网纸机应用了真空泵，在网下形成真空，由于真空脱水而在网上形成纸页。1827 年开始采用大直径烘缸。1870 年造纸机已从横轴传动发展到纵轴传动方式。在此以后直到 20 世纪中叶约七八十年间，造纸机的部件基本上没有什么重大改变，只是引用了一些新的技术，例如高压流浆箱、真空辊、移出式网案、引纸绳和压缩空气吹送引纸、圆筒卷纸机和多电机分部传动等。

1950 年以后，造纸机才有了较快的发展，较广泛地采用了流体动力布浆器、真空吸移装置、气垫压力流浆箱等，使造纸机车速不断提高。特别在近 30 年，对流送上浆部分的流体动力学原理、纸幅成形机理、网部脱水原理、压榨脱水理论、干燥理论及压光理论等基本理论有了进一步的研究和发展，从这些理论研究成果中又发展了不少新技术，使造纸机的结构得到了改进，更加完善。



图 2-3 3950/600 新闻纸机  
(上海电气集团造纸机械公司)

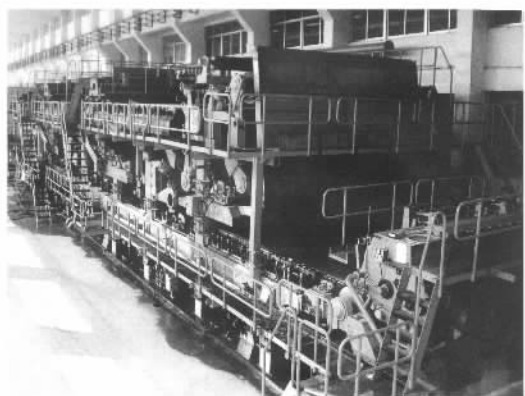


图 2-4 4000/7280 挂面牛皮箱纸板纸机  
(上海电气集团造纸机械公司)

随着科学技术的发展，造纸机越来越先进，现代的长网造纸机已分别具有高速水力式流浆箱（如夹网流浆箱）、双层或多层流浆箱、稀释水流浆箱以及高浓流浆箱，双网成形及复合预成形；新型复合压榨及靴型压榨；单排烘缸及带真空抽吸烘缸；带可控中高辊的软压光技术；在线检测控制技术、分部调速传动系统、计算机控制质量自控系统（QCS）及集成管理系统（DCS）。并有各种先进、高速的功能性纸机。



图 2-5 现代高速造纸机（Voith 公司）

如图 2-3 及图 2-4 所示的分别为上海电气集团造纸机械有限公司制造幅宽 3950mm，车速 600m/min 的新闻纸机及幅宽 4000m、车速 7280m/min 的牛皮箱纸板纸机；图 2-5 所示的为 Voith 公司制造的具有夹网成形器和串联式靴型压榨机的并具有机内涂布的高速造纸机。

## 第二节 造纸机的组成与分类

### 一、造纸机的组成

造纸机是把经过打浆、调制后符合抄造纸要求的纸浆抄制成纸的机器。根据这一定义，造纸机应该从流浆箱的进浆总管或其必需附带配置的进浆系统开始，直到卷出纸卷的卷纸机为止，也就是说，造纸机主体分为由浆抄成湿纸的湿段和把湿纸烘干并成卷的干段，前者包括流送部、成形部、压榨部三个部分，后者包括烘干部、压光部、卷纸部三个部分。此外还有机械传动部分以及为这些主体部分运行所不可缺少的真空系统、气压及液压系统、润滑系统、引纸系统、蒸汽系统、热风系统、汽罩及其排风系统等，也属于造纸机的本体部分。一台完整的长网造纸机，如图 2-6 所示。

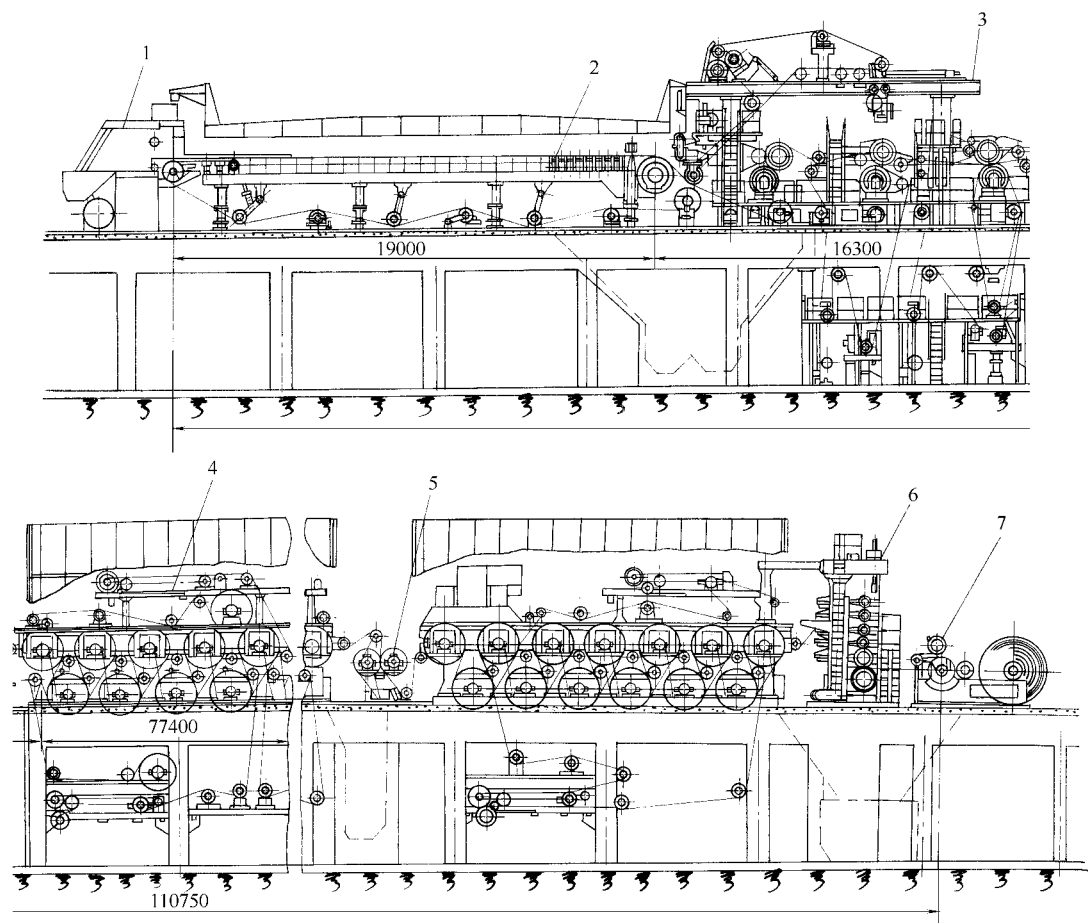


图 2-6 长网造纸机

1—流浆箱 2—成形部分 3—压榨部分 4—烘干部 5—水平施胶压榨 6—压光机 7—卷纸机

另外，对于为了处理造纸机必然产生的白水、湿纸边、湿损纸、干损纸等所需要的白水池、损纸池及水力碎浆机，可视为单台独立的设备，也可视为造纸机的附属设备，但多数视为独立的设备。不少造纸机由于工艺上的要求，还配有施胶压榨、机内涂布、起皱装置、纵切机等设备，对于按特定要求设计的完整的造纸机来说，这些作为机内配置的设备，应该视为造纸机的本体部分。

造纸机所有各部分的电气驱动系统、工艺参数检测系统、自动控制系统等，也应视为造纸机的本体部分。但由于牵涉到的知识领域不同，将有专门的教材来讨论造纸机的检测与控制方面的问题。

## 二、造纸机的分类

造纸机本体部分以及其附属和辅助系统均有不同的形式和规格。在工程设计中，主要是以造纸用的纸浆种类、成纸品种、产量要求为依据来确定其各部分的形式和规格，不同的形式具有不同的结构。造纸机的形式分类决定于其主要部分的结构形式，用主要部分的结构形式来表达造纸机总的形式是国际上的通用习惯。目前，为了适应造纸厂按其自身的实际工艺条件来选用造纸机，造纸机的主要部分按其结构原理和技术特征有很多种形式。

在工程实际中，通常是选取对造纸机产品产量和质量起决定性作用的成形部和烘干部的形式结构特征来作为造纸机基本形式分类的基础。造纸机的基本形式分类大体上如表 2-1 所示。

表 2-1 造纸机的基本形式分类

| 序号 | 基 本 形 式      | 成 形 部 特 征                 | 烘 干 部 特 征  |
|----|--------------|---------------------------|------------|
| 1  | 长网造纸机        | 1 台长网成形器                  | 多烘缸        |
| 2  | 长网大烘缸式造纸机    | 1 台长网成形器                  | 1 个大直径烘缸   |
| 3  | 长网烘房式造纸机     | 1 台长网成形器                  | 热风烘房       |
| 4  | 长网湿抄机        | 1 台长网成形器，并有浆板成形辊          | 无          |
| 5  | 多长网造纸机       | 2 台或 2 台以上长网成形器           | 多烘缸        |
| 6  | 圆网单（双）烘缸式造纸机 | 1 台或 2 台圆网成形器             | 1 个或 2 个烘缸 |
| 7  | 多圆网纸板机       | 多台圆网成形器                   | 多烘缸        |
| 8  | 圆网大烘缸式造纸机    | 1~3 台圆网成形器                | 无          |
| 9  | 圆网湿抄机        | 1~2 台普通或真空圆网成形器并有浆板成形辊    | 多烘缸        |
| 10 | 长圆网复合式纸板机    | 1 台长网成形器，1 台或多台圆网成形器      | 多烘缸        |
| 11 | 短网造纸机        | 1 台短网成形器                  | 多烘缸        |
| 12 | 多短网纸板机       | 多台短网成形器                   | 多烘缸        |
| 13 | 长短网复合式纸板机    | 1 台长网成形器，多台短网成形器          | 多烘缸        |
| 14 | 无底网夹网造纸机     | 1 台夹网成形器                  | 多烘缸        |
| 15 | 有底网夹网造纸      | 1 台长网成形器，1 台顶网与底网形成的夹网成形器 | 多烘缸        |
| 16 | 多夹网造纸机       | 多台夹网成形器                   | 多烘缸        |

造纸机的分类还有第二级乃至第三级分类。第二级分类是按照同一基本形式类别的造纸机中按特定的要求所配备的特定配置来划分的。例如长网造纸机这一大类中，按特定配置可分为新闻纸机、文化纸机、普通型造纸机、薄纸型造纸机，这些造纸机其长网成形器各有不同的特征。另一方面，属于同一个二级分类的造纸机，还可按其重大结构或配备特点分出第

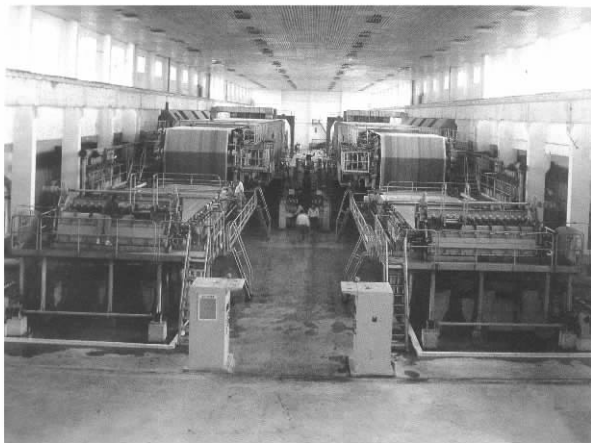


图 2-7 3150/750 新闻纸机（上海电气集团造纸机械公司）

三级分类，例如具有多辊复式压榨的长网新闻纸机，穿透干燥长网纸袋纸机等。更详细的分类叙述可阅读马伯龙编著《造纸机——原理结构与设计》第一章内容。

图 2-7 所示的是上海电气集团造纸机械有限公司制造的幅宽 3950mm，车速 600m/min 的新闻纸机。图 2-8 为 Voith 公司制造的高速复印纸造纸机。这些造纸机均属于按特定配置来划分的专用造纸机。

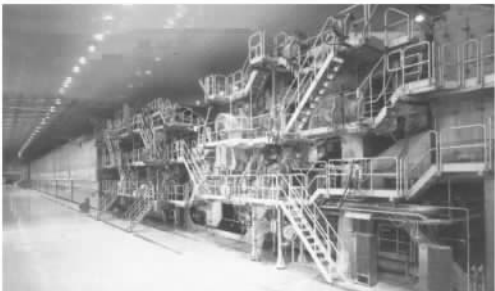


图 2-8 高速复印纸造纸机（Voith 公司）

### 第三节 造纸机的规格

国产的造纸机通常是以所产纸经切边后的净纸幅宽度和最大工作车速两个主要参数来表示造纸机的规格。为了更好的供用户选择，更明确的体现一台造纸机的特色，在造纸机的规范说明中，通常除了标明造纸机规格之外，还应标明所适应的纸浆种类、产品品种、纸页定量以及计算产量等。国外制造的造纸机，则多用机宽亦即成形网的宽度和最大工作车速来表示造纸机的规格。

国内对造纸机成形网的网宽系列已制定了标准，按此标准网宽系列同若干主要纸种的净纸幅宽的对应关系如表 2-2 所示。

表 2-2 标准网宽系列对应净纸幅宽 单位：mm

| 纸 种        | 新闻纸  | 凸板、凹板、胶版印刷纸、涂布原纸 |      |      |      | 书写纸  |      | 瓦楞原纸、纸板 |
|------------|------|------------------|------|------|------|------|------|---------|
| 基本幅宽<br>网宽 | 787  | 787              | 880  | 900  | 1000 | 787  | 880  | 800     |
| 1900       | 1575 | 1575             | 1760 | 1800 | 2000 | 1575 | 1760 | 1600    |
| 2100       |      |                  |      |      |      |      |      |         |
| 2200       |      |                  |      |      |      |      |      |         |
| 2300       |      |                  |      |      |      |      |      |         |



续表

| 纸 种        | 新闻纸  | 凸板、凹板、胶版印刷纸、涂布原纸 |      |      |      | 书写纸  |      | 瓦楞原纸、纸板 |
|------------|------|------------------|------|------|------|------|------|---------|
| 基本幅宽<br>网宽 | 787  | 787              | 880  | 900  | 1000 | 787  | 880  | 800     |
| 2800       | 2362 | 2362             |      |      |      | 2362 |      | 2400    |
| 3100       |      |                  | 2640 | 2700 |      |      | 2640 |         |
| 3600       | 3150 | 3150             |      |      |      | 3150 |      | 3200    |
| 4050       |      |                  | 3520 | 3600 |      |      | 3520 |         |
| 4450       | 3937 | 3937             |      |      |      |      |      | 4000    |
| 4600       |      |                  |      |      | 4000 |      |      |         |
| 5250       | 4725 |                  |      |      |      | 4725 |      | 4800    |
| 6000       | 5572 |                  | 5280 |      |      |      | 5280 |         |

造纸机的规格根据上述的定义，在国内通用的表示方法为净纸幅宽（mm）在前、最大工作车速（m/min）在后的规则。例如净纸幅宽 3150mm、最大工作车速 600m/min 的长网新闻纸机其规格表示为 3150/600 长网新闻纸机。

习惯上常按车速值把造纸机区分为高、中、低速造纸机，但由于我国造纸机用原料种类较多，且非木纤维占的比重较大，与国外的造纸机相比，国内造纸机的车速就受到脱水性能及湿纸幅强度等因素的较多影响，因此区分高、中、低速造纸机的低速值相对较低。如对于一般文化印刷书写纸种，450m/min 以上的车速就认为是高速，150~450m/min 为中速、低于 150m/min 为低速。但随着造纸机车速的提高，上述区分高、中、低的车速值也将会提高。

对车速的区分实质上是相对的，发展的。对同一类造纸机，生产不同的纸种，由于生产工艺要求不同，纸浆滤水性能不同，最高生产车速会有不同的限制，不会因机械配置的改进而能够破其极限。另一方面，同一纸浆并生产同一纸种的造纸机因技术装备的发展，效能的提高，最高生产车速也可以提高，从原来的实践极限值再提到新的最高值。例如对新闻纸机，以前认为高速值的 600m/min 现在只能属于中速了，目前高速新闻纸机的最大工作车速已达 1000m/min 或以上。

关于幅宽，国外生产的造纸机，多以网宽 3000~5000mm 视为中等机宽，小于 3000mm 者为窄幅造纸机，宽于 5000mm 者为宽幅造纸机。由于制造能力关系，国内以前大致把幅宽大于 3520mm 的造纸机就称为宽幅造纸机，目前各造纸机制造厂已较多制造销售幅宽大于 3520mm 的造纸机和纸板机。

#### 第四节 长网造纸机的配置

不同类别及规格的造纸机，对所配置的部件都有所规定。对国内生产的造纸机，均按标准系列规范设计；但为了适应用户的各种特殊需要，造纸机的设计不断发展，使原按标准系列规范设计的造纸机成为发展变型设计的基本机型。

对同一种规格的造纸机，其基本机型的配置是相同的，下面所列规格的造纸机基本配置图，均是国内目前较常用造纸机的基本配置。国产造纸机、纸板机的配置特征，如表 2-3 所示。

国产纸机纸板机的配置特征

表 2-3

| 名 称          | 净纸<br>幅宽<br>/mm | 最大<br>工作<br>车速/<br>(m/<br>min) | 流浆<br>箱      | 成 形 部       |        |                  |            |               |                 |                  | 压 榨 部     |     |                 | 烘 干 部            |        | 压光<br>机           | 卷纸<br>机 | 传动<br>方式  | 产品品种<br>定量/<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|--------------|-----------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------|------------------|------------|---------------|-----------------|------------------|-----------|-----|-----------------|------------------|--------|-------------------|---------|-----------|------------------------------------|
|              |                 |                                |              | 成形器形<br>式特征 | 具<br>数 | 圆网笼<br>直径/<br>mm | 网案长<br>度/m | 吸水<br>箱个<br>数 | 伏辊<br>特征        | 纸幅移<br>送方式<br>特征 | 压榨<br>道数  | 压区数 | 压榨配<br>置顺序      | 烘缸直<br>径/mm      | 个<br>数 | 其他配<br>置形式        |         |           |                                    |
| 长网多缸造<br>纸机  | 1575            | 120                            | 开式、匀<br>浆辊   | 长网          | 1      | —                | 8~9        | 5             | 真空              | 开式               | 4         | 4   | 正-正-<br>反-平滑    | 1500             | 12     | 施胶<br>压榨          | 7       | 纵轴或<br>分部 | 一般文化用<br>纸 50~100                  |
|              | 1760            | 250                            |              |             |        |                  | 12         | 9             | 真空、<br>有驱<br>网辊 | 吸移               | 2         | 3   | 复式(2压<br>区)-正   | 1250             | 34     |                   |         |           |                                    |
| 长网多缸造<br>纸机  | 2040            | 150                            | 开式、匀<br>浆辊   | 长网          | 1      | —                | 10.95      | 8             | 真空              | 开式               | 3         | 3   | 正-正-正           | 1500             | 20     | —                 | 3       | 纵轴或<br>分部 | 纸袋纸<br>50~100<br>一般文化用<br>纸 50~80  |
|              | 2362            | 160                            |              |             |        |                  | 8~9        | 7             |                 |                  | 4         | 4   | 正-正-<br>反-平滑    |                  | 24     |                   |         |           |                                    |
|              | 2400            | 120                            |              |             |        |                  | 9          | 8             |                 |                  | 3         | 3   | 正-正-正           |                  | 28     |                   |         |           |                                    |
| 长网多缸造<br>纸机  | 2640            | 400                            | 气垫           | 长网          | 1      | —                | 13         | 7             | 真空、<br>有驱<br>网辊 | 吸移               | 3         | 4   | 复式(2压<br>区)-正-正 | 1500             | 36     | 施胶<br>压榨          | 6       | 分部        | 文化用纸<br>50~80<br>新闻纸<br>45~52      |
|              | 2640            | 450                            |              |             |        |                  | 14.5       | 7、有饰<br>面辊    |                 |                  | 3         | 3   | 双毯-<br>反-正      |                  | 44     |                   |         |           |                                    |
|              | 3150            | 440                            |              |             |        |                  | —          | —             |                 |                  | 2         | 4   | 复式(3压<br>区)-正   |                  | 30     |                   |         |           |                                    |
| 多圆网多缸<br>纸板机 | 1600            | 70                             | 活动弧形<br>板式网槽 | 圆网          | 5      | 1250             | —          | —             | 普通              | 带纸<br>毛毯         | 预压<br>4、4 | 4   | 主压-正<br>-正-反    | 1250、可<br>有 3000 | 231    | 施胶压<br>榨可有<br>涂布站 | 5       | 分部        | 纸板<br>180~300                      |
|              | 1880            | 80                             |              |             |        |                  | —          | 2~3           |                 |                  | 3         | 3   | 双毯-托<br>辊 2 道   | 3000             | 1      |                   |         |           |                                    |
| 长网大烘缸<br>造纸机 |                 |                                | 开式、匀<br>浆辊   | 长网          | 1      | —                |            |               | 普通              | 带纸<br>毛毯         | 3         | 3   |                 |                  |        | —                 |         | 纵轴或<br>分部 | 较薄纸类                               |

续表

| 名 称        | 净纸幅宽/mm | 最大工作车速/(m/min) | 流浆箱      | 成 形 部         |      |          |        |       |        | 压 榨 部    |      |             |        | 烘 干 部       |             |             | 压光机  | 卷纸机          | 传动方式    | 产品品种<br>定量/<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|------------|---------|----------------|----------|---------------|------|----------|--------|-------|--------|----------|------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|------|--------------|---------|------------------------------------|
|            |         |                |          | 成形器形式特征       | 具数   | 圆网笼直径/mm | 网案长度/m | 吸水箱个数 | 伏辊特征   | 纸幅移送方式特征 | 压榨道数 | 压区数         | 压榨配置顺序 | 烘缸直径/mm     | 个数          | 其他配置形式      |      |              |         |                                    |
| 多圆网多缸纸板机   | 2400    | 80             | 活动弧形板式网槽 | 圆网            | 6    | 1250     | —      | —     | —      | 普通       | 带纸毛毯 | 预压4.3       | 4      | 复式(2压区)-正-正 | 1500、可有3000 | 241         | 旋胶压榨 | 5            | 圆筒式或切纸机 | 纸板180~360                          |
| 有基网夹网纸板机   | 2400    | 180            | 开式、匀浆辊   | 基网短网上成形器      | 11~2 | —        | —      | —     | —      | —        | 3    | 4           | 4      | 复式(2压区)-正-正 | 1500        | —           | —    | —            | 分部      | 纸板180~300                          |
| 有基网夹网纸板机   | 3200    | 250            | 气垫       | 基网短网上成形器      | 11   | —        | 176    | 83    | 真空有驱网辊 | 开式       | 2    | 3           | 3      | 复式(2压区)-正   | 1500        | 47          | 施胶压榨 | 2            | 圆筒式     | 挂面箱纸板127~360                       |
| 长网多缸造纸机    | 4000    | 370            |          | 长网            | 1    | —        | 18     | 8     |        | 2        | 3    | 复式(2压区)-正   | 1500   | 52          | —           | 瓦楞芯纸110~120 |      |              |         |                                    |
| 有基网长网多缸纸板机 | 4000    | 280            |          | 基网夹网成形器短网上成形器 | 111  | —        | 238.57 | 711   |        | 3        | 4    | 复式(2压区)-正-正 | 1500   | 56          | 4           |             |      | 挂面箱纸板150~250 |         |                                    |

对 1760/250 长网造纸机，它的基本配置就是：流浆箱、长网成形器、真空伏辊、真空吸移辊、复式压榨、正压榨、施胶压榨、多烘缸、6 辊压光机及圆筒卷纸机，如图 2-9 所示。

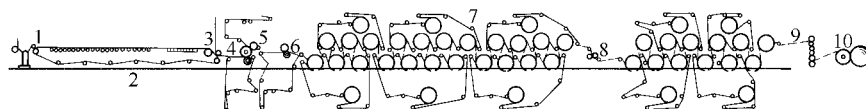


图 2-9 1760/250 长网造纸机基本配置

- 1—开孔流浆箱 2—长网成形器 3—真空伏辊 4—真空吸移辊 5—复式压榨  
6—正压榨 7—烘干部 8—施胶压榨 9—压光机 10—圆筒卷纸机

对 2360/160 长网造纸机，它的基本配置就是：流浆箱、长网成形器、真空伏辊、正压榨、二道反压榨、平滑压榨、多烘缸（24 个）、压光机、开式汽罩、圆筒卷纸机，如图 2-10 所示。

对 2640/300 长网造纸机，它的基本配置就是：气垫流浆箱、长网成形器、真空伏辊、真空吸移辊、复式压榨、正压榨、多烘缸（36 个）、施胶压榨、6 辊压光机、圆筒卷纸机，如图 2-11 所示。

对 3150/440 长网造纸机，其基本配置为：气垫流浆箱、长网成形器、真空伏辊、真空吸移辊、三压区复式压榨、正压榨、多烘缸（30 个）、6 辊压光机、圆筒卷纸机，如图 2-12 所示。

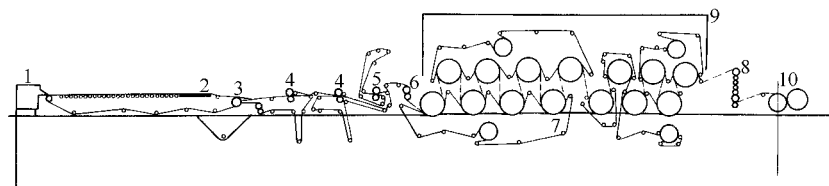


图 2-10 2362/160 长网造纸机基本配置

- 1—开式流浆箱 2—长网成形器 3—真空伏辊 4—正压榨  
5—反压榨 6—平滑压榨 7—烘干部 8—压光机 9—开式汽罩 10—圆筒卷纸机

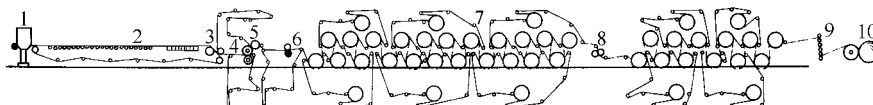


图 2-11 2640/300 长网造纸机基本配置

- 1—气垫流浆箱 2—长网成形器 3—真空伏辊 4—真空吸移辊  
5—复式压榨 6—正压榨 7—烘干部 8—施胶压榨 9—压光机 10—圆筒卷纸机

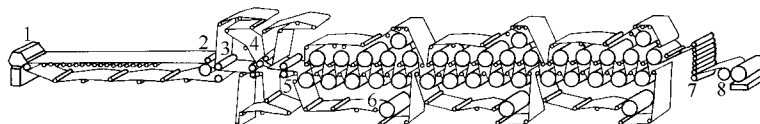


图 2-12 3150/440 长网造纸机基本配置

- 1—气垫流浆箱 2—长网成形器及真空伏辊 3—真空吸移辊  
4—三压区复式压榨 5—正压榨 6—烘干部 7—压光机 8—圆筒卷纸机

从上述长网造纸机的配置中可以看出，各规格造纸机在配置上大致相差不多，由原料和产品、车速等因素导致的配置差别不大。因此，有的造纸机就为了适应用户的需要按多种不

同产品的要求来配置各部件，在生产其中一种产品时，可选择性的不使用个别配置，为用户的产品结构调整创造有利条件。

现代先进造纸机的配置如图 2-13 和图 2-14 所示，可以看出，相对于普通的长网造纸机基本配置，这两台造纸机各个部分的配置都是目前最先进的技术装备。

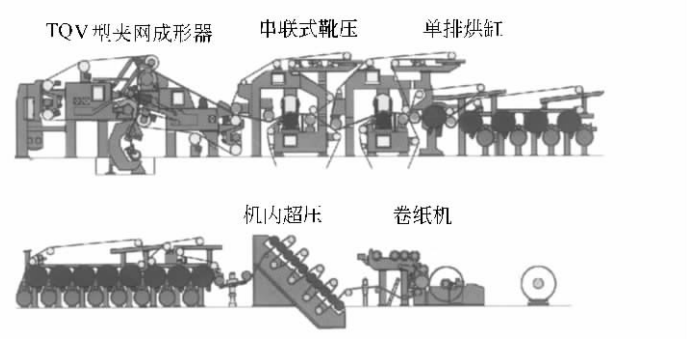


图 2-13 图 2-5 所示现代高速造纸机的配置 (Voith 公司)

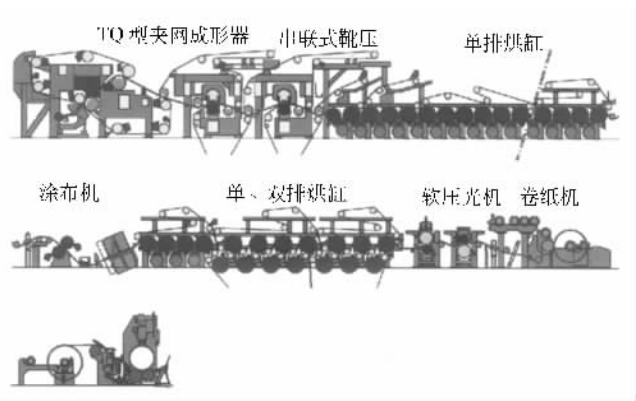


图 2-14 图 2-8 所示高速复印纸机的配置 (Voith 公司)

对长网造纸机来说，即使就造纸机某一部分的配置，不同规格的长网造纸机也具有共同的特征。例如对造纸机的长网部分，均具有如图 2-15 所示的各种配置：胸辊、成形板、案辊和挡水板、案板（刮水板）、真空案板组、真空吸水箱、真空伏辊及吸移辊等。

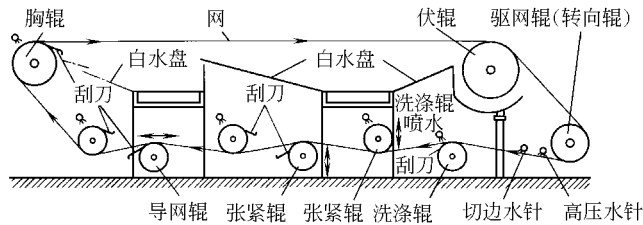


图 2-15 多数长网造纸机长网部所共有的特征

## 第五节 夹网造纸机的配置

夹网造纸机解决了现代长网造纸机车速日益提高所带来的问题，特别是长网造纸机的纸品两面特性差异、微观匀度较差、横向分布不均一等制约车速提高的问题。因此，夹网造纸

机将是今后造纸工业的主力军。

夹网造纸机的命名来自夹网成形器，夹网成形器代表流浆箱的纸浆射流喷入两张汇聚网子之间的一种成形器，如图 2-16 所示。因此可以说，夹网成形器术语本身并不表示任何脱水机理，只是表示最初进浆的状况。

夹网造纸机根据是否有底网的情况还分无底网夹网造纸机和有底网夹网造纸机。从上面的定义可以推断，夹网造纸机除成形部外，其余各部分的配置同高速的长网造纸机并无差别，而对于有底网与无底网的夹网造纸机的区别，就在于夹网成形器是否为有底网式，即纸幅先在底网上泄水成形后再在夹网中双面脱水这一特征，其余各部分的配置是基本相同的。

图 2-16 及图 2-17 分别表示了无底网夹网造纸机和有底网夹网造纸机的配置。

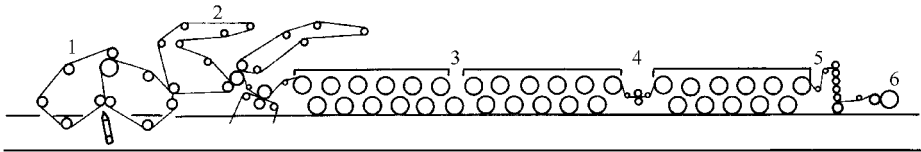


图 2-16 无底网夹网造纸机

1—夹网成形器 2—压榨部 3—烘干部 4—施胶压榨 5—压光机 6—卷纸机

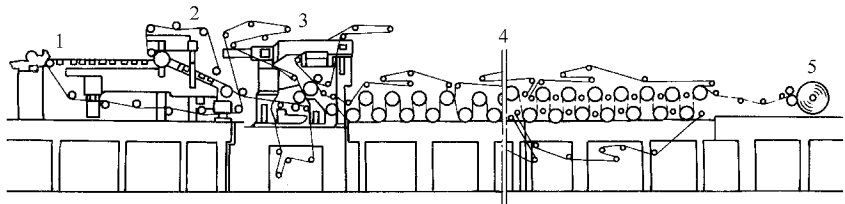


图 2-17 有底网夹网造纸机

1—底网 2—夹网成形器 3—压榨部 4—烘干部 5—卷纸机

有底网夹网造纸机用于生产纸板，就发展为多夹网纸板机。同样，除成形部外，其他部分的配置也与多圆网多缸纸板机并无差别。图 2-18 表示了多夹网纸板机成形部的配置中，在底网上的每台成形器，各配有自己的流浆箱。流浆箱喷出的纸浆流在顶网与底网形成的夹网中进行双面泄水成形，而且从第二台成形器起，新的湿纸幅是在已成形的纸幅上进行层上成形的。

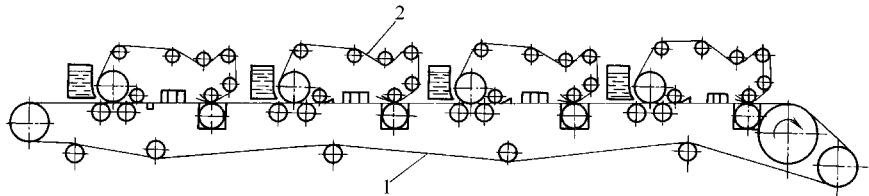


图 2-18 多夹网纸板机的网部

1—下网 2—上网

## 第六节 造纸机的专用名词术语

造纸机的专用名词术语很多，这节只叙述造纸机总体方面的名词术语，对于各部分的名词术语分别放在后面各章节中叙述。

# 一、造纸机幅宽方面的名词术语

## (一) 纸的幅宽

通过造纸机抄造后经卷纸机及复卷机卷成纸卷的纸或纸板的幅宽，纸幅的宽度尺寸就是纸的幅宽。有关国家标准及部标准均规定了各种纸和纸板的幅宽，它是设计造纸机时决定其中幅宽方向上各个尺寸的基础数据。

## (二) 造纸机的净纸幅宽

造纸机卷纸机上卷成的纸卷幅宽切去合理的纸边后，纸幅的宽度就是造纸机的净纸幅宽。净纸幅宽通常是成品纸种的标准幅宽的整数倍数。

## (三) 造纸机的毛纸幅宽

毛纸幅宽是造纸机的圆筒卷纸机上的纸卷幅宽，即纵切前的纸幅宽度。毛纸幅度为净纸幅宽与所有干纸切边宽度之和，即：

$$B=B_1+2t \quad (2-1)$$

式中  $B$  —— 毛纸幅宽，mm

$B_1$  —— 净纸幅宽，mm

$t$  —— 各项纸切边之和分摊到两侧的每侧当量切边宽度，mm

## (四) 湿纸幅宽

湿纸幅宽是指在成形部分经过冲边后引入压榨部分的湿纸幅的宽度，可由下式计算：

$$B_s = \frac{B}{1-\epsilon} \quad (2-2)$$

式中  $B_s$  —— 湿纸幅宽，mm

$B$  —— 毛纸幅宽，mm

$\epsilon$  —— 纸幅在造纸机上的横向总收缩率，%

各种纸在造纸机上的横向总收缩率由表 2-4 所示。

表 2-4 各种纸在造纸机上的横向总收缩率

| 纸种及所用的纸浆   | 定量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ | 纸浆的打浆度/ $^{\circ}\text{SR}$ | 横向总收缩率/% |
|------------|------------------------------------|-----------------------------|----------|
| 薄纸类        |                                    |                             |          |
| 硫酸盐木浆电容器纸  | 8~15                               | 9.4~98                      | 8~12     |
| 破布半料浆卷烟纸   | 16                                 | 85~90                       | 4.5~6    |
| 破布半料浆复写原纸  | 16                                 | 85~90                       | 4.5~6    |
| 亚硫酸盐木浆蜡纸原纸 | 22~28                              | 75~78                       | 5~6      |
| 硫酸盐木浆蜡纸原纸  | 22~28                              | 75~78                       | 7~8      |
| 薄型浸渍纸      | 20                                 | 32~35                       | 3.5~4.5  |
| 耐油纸类       |                                    |                             |          |
| 描图纸        | 40                                 | 65~70                       | 5.5~6.5  |
| 仿羊皮纸       | 55                                 | 70~75                       | 6.0~8.0  |
| 透明绘图纸      | 50                                 | 90~93                       | 8.0~10   |
| 破布半料浆吸水纸类  |                                    |                             |          |
| 滤纸         | 70                                 | 24~28                       | 1.5~2.0  |
| 钢纸原纸       | 70                                 | 35~40                       | 2.0~2.5  |
| 羊皮纸原纸      | 57                                 | 26~32                       | 3.0~3.5  |

续表

| 纸种及所用的纸浆           | 定量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ | 纸浆的打浆度/ $^{\circ}\text{SR}$ | 横向总收缩率/% |
|--------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------|
| 电气绝缘纸类             |                                    |                             |          |
| 电话纸                | 40                                 | 50~55                       | 7.0~8.0  |
| 0.12mm 电缆纸         | 100                                | 35~40                       | 5.5~6.5  |
| 0.12mm 浸渍绝缘纸       |                                    | 18~20                       | 2.5~3.0  |
| 含磨木浆的纸类            |                                    |                             |          |
| 新闻纸                | 50                                 | 60~65                       | 1.5~3    |
| 2号、3号书写纸和印刷纸       | 60~65                              | 50~55                       | 2~3.5    |
| 糊墙纸                | 80                                 | 45~50                       | 2.5~3.5  |
| 烟嘴纸                | 100                                | 40~45                       | 2.5~3.5  |
| 纱管纸                | 160~300                            | 35~40                       | 2.5~3.5  |
| 亚硫酸盐木浆纸类           |                                    |                             |          |
| 1号书写纸和印刷纸          | 70                                 | 35~40                       | 3.5~5    |
| 石印纸                | 120~180                            | 32~40                       | 3.5~4.5  |
| 胶版纸                | 120                                | 32~35                       | 3.5~4.5  |
| 凹板纸                | 120                                | 40                          | 3.5~4.5  |
| 绘画纸                | 130                                | 32~35                       | 3.5~4.5  |
| 绘图纸                | 160~200                            | 35~40                       | 4~5      |
| 照相原纸               | 130                                | 35~40                       | 4~5      |
| 打孔卡片纸              | 175                                | 22~25                       | 3~3.5    |
| 硫酸盐浆包装纸类           |                                    |                             |          |
| 薄型硫酸盐浆包装纸          | 40                                 | 35                          | 5~6      |
| 袋纸                 | 70~80                              | 25~27                       | 3~6      |
| 瓦楞原纸               | 160                                | 18                          | 2.5~3    |
| 破布半料浆高级纸类          |                                    |                             |          |
| 高级绘图纸              | 200                                | 65~70                       | 5~6      |
| 地图纸                | 90~110                             | 40~45                       | 4~5      |
| 高级书写纸              | 80                                 | 50~55                       | 4~7.5    |
| 单面光纸类              |                                    |                             |          |
| 含磨木浆和化学木浆的薄纸:      |                                    |                             |          |
| 招贴纸、票证纸、商标标签纸、餐巾纸等 | 20~25                              | 24~28                       | 2~2.5    |
| 包装纸                | 40~70                              |                             | 2~2.5    |
| 纸板类                |                                    |                             |          |
| 粗纸板                |                                    |                             | 3.4~4.5  |
| 箱纸板                |                                    |                             | 4.5~5.5  |

注: 本表摘自马伯龙编著:《造纸机—原理结构与设计》, 第一分册, P15, 轻工业出版社, 1983年1月版。

### (五) 造纸机的成形网宽

造纸机的成形网宽, 简称网宽, 是造纸机的主要结构参数之一, 它决定了造纸机许多机构的幅宽尺寸。通常取网宽等于湿纸幅宽加上 150mm。



## （六）造纸机的轨距

造纸机的轨距是指造纸机两侧底轨中心线间的距离。

## 二、造纸机车速方面的名词术语

### （一）工作车速

造纸机的车速是指造纸机的卷取部车速，即圆筒卷纸机卷纸缸的表面线速度或轴式卷纸机上的纸幅速度，那么，造纸机的工作车速就是造纸机在正常运行时的车速。对一台特定的造纸机，若适应若干种纸浆、纸品和生产工艺条件，就相应地有若干个不同的工作车速。因此，作为造纸机技术特征提出的工作车速往往是对于其中某种纸浆、纸品和生产工艺条件而言的。

造纸机的工作车速是一个车速范围，车速范围的上下限值之比，就称为调速比。

### （二）设计车速

造纸机的设计车速是造纸机设计时的一个主要参数，一般等于或略高于造纸机工作车速范围的最大工作车速。造纸机中的各个部分的设计车速不一定全都是相同的值，考虑到今后的发展或可能的技术改造，造纸机个别部分可能会取较高设计车速。

### （三）引纸车速或爬行车速

造纸机在引纸时和检查成形网、毛毯、干毯时都用很低的车速，在烘缸通汽加热、烘缸空运转、清洗毛毯和成形网时，通常用很低的车速，这种特殊的低车速就被称为引纸车速或称爬行车速。

### （四）结构车速

结构车速是造纸机的某些主要部件或机件在设计计算、技术质量检验等工作中的车速。一般情况下，结构车速都高于设计车速。在造纸机的技术说明文件中常列述了造纸机主要部件的结构车速。表明在结构车速以下运行时，该部件在该项受校核的具体性能上是安全可靠的。各个不同部件的结构车速都不尽相同。

### （五）速差

由于纸幅由网部至压榨部并通过各道压榨时被伸长，而在烘干部中，纸幅在被干燥时存在被收缩的现象。因此，为了保证正常的工艺操作，造纸机湿段的各个分部都是后面的分部较前面的分部有稍高的车速，在烘干部，要把烘缸分成若干个传动组，后面的传动组较前面的传动组有较慢的速度。可以看出造纸机的各个部件在工作中存在速度差异，由于造纸机的车速是以卷取部的车速为准的，因此造纸机各部分的车速与卷取部的车速比较所存在的速度差异就是速差。

速差常以百分率表示。例如，造纸机卷取部的车速为 500m/min，其伏辊的车速为 480m/min，第一压榨的车速为 485m/min，第一组烘干的车速为 504m/min，则其速差就分别为 4%，3%及 0.8%。

## 三、造纸机产量方面的名词术语

### （一）日生产时数

日生产时数为扣掉各种辅助时间之后造纸机平均每日可以运行生产的小时数，一般为 22.5~23h/d。造纸机的辅助时间主要用于计划维修、换网、换毛毯等所用的时间。辅助时间的多少也反映了造纸机结构及管理的先进程度，对于结构和管理都较先进的造纸机，辅助

时间很少。

### (二) 抄造率

抄造率是在日生产时数内扣去由于断纸而损失的生产时间后生产运行时数所占的百分率。抄造率的大小反映了造纸机工艺生产条件及生产稳定性的优劣和操作水平的高低。对于各种纸类,造纸机的抄造率一般都在 95% 以上。

### (三) 成品率

造纸机生产的纸中的合格品所占的百分率就是成品率。成品率反映了造纸机在配备、操作等方面达到产品质量要求所表现的性能和水平,并显示造纸机工艺生产条件的状况。

### (四) 理论产量

造纸机的理论产量  $Q_1$  为:

$$Q_1 = \frac{W v_{\max} B_j}{10^6} \text{ (kg/min)} \quad (2-3)$$

$$= \frac{600 W v_{\max} B_j}{10^6} \text{ (kg/h)} \quad (2-4)$$

式中  $W$  ——产品的定量,  $\text{g/m}^2$

$v_{\max}$  ——最大工作车速,  $\text{m/min}$

$B_j$  ——净纸幅宽,  $\text{mm}$

### (五) 计算产量

造纸机的计算产量  $Q_2$  为:

$$Q_2 = 60 W v B_j T K_1 K_2 \times 10^{-9} \text{ t/d} \quad (2-5)$$

式中  $V$  ——工作车速,  $\text{m/min}$

$T$  ——平均每日有效生产时数,  $\text{h}$

$K_1$  ——抄造率, 以小数表示

$K_2$  ——成品率, 以小数表示

## 第七节 造纸机的设计参数

设计造纸机时要用许多设计参数, 这些设计参数主要由下列几方面的基础数据来决定。

### 1. 表达造纸机生产能力和适应范围的基础数据

表达造纸机生产能力和适应范围的数据有净纸幅宽、最大工作车速、调整范围、成形部、压榨部及烘干部的主要技术特征。

### 2. 表达造纸机各部分的性能结构的基本数据

为了提高造纸机设计制造中的标准化、系列化、通用化程度, 也要把造纸机各部分的主要结构数据列入造纸机的设计参数, 这些结构数据包括各种辊筒的尺寸与表面层技术特征, 面板的尺寸及数量, 烘缸的尺寸及个数, 各部分的轨距、轴承距等。

### 3. 表示造纸机概貌的数据

表示造纸机概貌的数据, 如全机长度、总质量、自轨面算起的最大高度、底层高度、传动系统总装机功率等, 显示了造纸机的占地面积、空间体积、单位生产能力机体质量和动力消耗等技术经济指标, 因此也是不可忽视的数据。

### 4. 与工艺技术指标有关的基本数据

与造纸机设计计算有关的工艺技术指标有纸浆打浆度、所生产的纸品定量、造纸机各处

的纸浆浓度和纸幅干度等。

在决定造纸机设计参数时，还必须考虑所设计造纸机保持较先进的总体技术水平，以适应日益提高的产品质量要求。目前国产造纸机最明显的技术发展或亟待发展的技术是机电仪表的一体化。因此不断增设生产参数和质量参数的在机在线检测仪表以及控制系统是当前国内造纸机设计中的首要考虑的问题。

在造纸机的设计中，降低生产消耗、延长其机件与器材的使用寿命、提高运行效率、降低生产成本等仍然是设计人员所追求的目标。

## 第八节 造纸机的选型

用户如何选择造纸机，一般是按照纸浆的特性、要求生产的纸品特性、质量指标和产量来选择造纸机，首先从产量要求来确定造纸机幅度方面的尺寸，即由净纸幅宽来确定网宽以及车速范围。

从原料纸浆和所生产纸品的要求出发，结合车速范围就可选择造纸机各部分形式。在选择造纸机各部分形式时，有专家归结了如下几条主要原则：

(1) 车速 200m/min 以下时方可考虑用圆网成形器，100m/min 及以上的车速应选用真空圆网成形器，长网成形器目前已发展到车速达 1000m/min 或以上，因此在较高车速范围内可选用长网成形器，但必须配备静止泄水元件（如脱水板）和真空元件（如真空脱水板和真空脱水箱）；在 300m/min 或以下车速时，长网才可以配用案辊等转动泄水元件；500m/min 及以上的车速生产定量不太大的纸品就可以选用夹网成形器；车速达 200m/min 以上生产各类纸板时可选用有底网夹网成形器。

(2) 在造纸机的传动方面，应选择配置各种类型的分部传动，并根据车速的高低选择整离子控制系统和数字式控制系统。

(3) 在选择纸幅从成形网到压榨部的移送形式时，应注意中、高速造纸机宜采用吸移方式，舔移方式只适用于定量很低的薄型纸品和不高的车速。

(4) 根据纸品要求在压榨部选配压纹装置、反压榨、平滑压榨等。在烘干部选配施胶压榨、半干压光机、涂布站、大直径烘缸等。在烘干部以后选配适当的压光机、湿润机、纵切机、切纸机或卷纸机，而且随着造纸技术的发展，造纸机各部分形式的选择也会不断发展和更新。

## 参 考 文 献

1. 马伯龙编著. 造纸机—原理结构与设计（第一分册）. 北京：轻工业出版社，1983
2. 胡楠主编. 轻工业技术装备手册.（第一卷）. 第二篇，制浆造纸设备. 北京：机械工业出版社，1995

## 第三章 纸浆流送设备与流浆箱

### 第一节 纸机前纸浆的流送系统

#### 一、概 述

流浆箱是造纸机的核心。它的独特用途是将圆管内的浆流转变为薄而均一的布满造纸机全宽的浆流，而且要求这些纤维悬浮液不产生絮聚和浆道（条痕）。流浆箱虽然不形成纸页，但对纸页匀度的影响很大。如果从流浆箱出来的浆流不正常或不十分正常，到网案上再来改正就要付出大量的精力，如果来自流浆箱的浆流很正确，那么网案就只用于纸页的成形和脱水即可。流浆箱能否很好地达到此目的，关键在于流送系统和流浆箱的设计。

造纸机前纸浆流送系统的流程和设备的选择对造纸机的产品质量和造纸机运行的连续性、稳定性有很大影响。流送系统应该满足下述要求：①在一定的造纸机车速下，送上造纸机的纤维量（按质量计）应保持稳定，其偏差应不超过造纸机产品的定量的允许偏差值；②保证纸浆中各种组成的配比稳定；③保证送上造纸机的纸浆的浓度、温度、酸碱度等工艺条件稳定；④供浆纤维量可按造纸机车速的变动或产品纸种定量要求进行调节；⑤保证纸浆的精选质量。

流送系统可分为：开启式、半封式和封闭式三种。前两种流送系统只用于低速造纸机，封闭式流送系统自成浆池的输浆泵起直到把纸浆送上造纸机成形网，全系统都是不与空气接

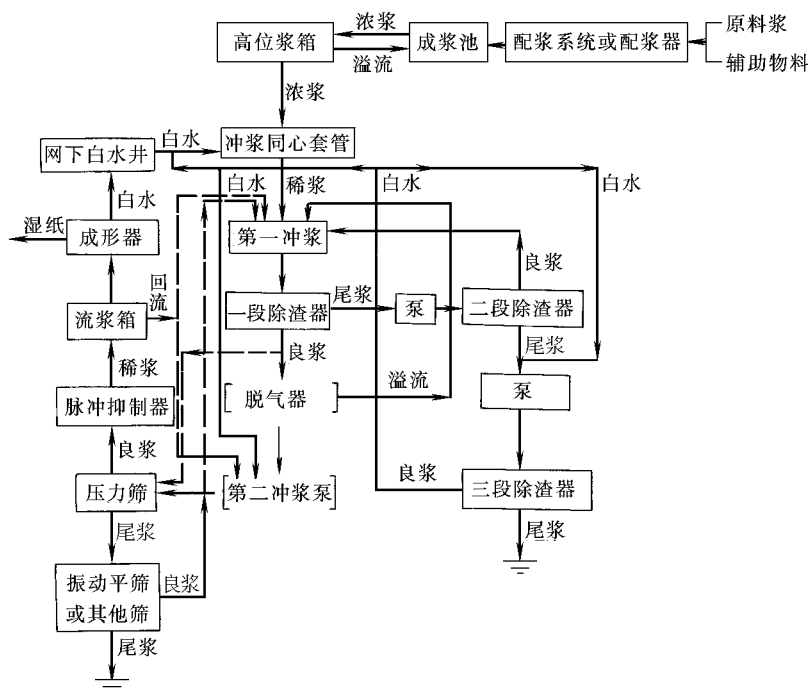


图 3-1 封闭式供浆系统

触的密闭流程。这种系统采用密闭形式的设备进行配浆、精选和除气。在中、高速造纸机上，大都采用密闭式流浆箱，为了避免带入空气，在纸浆中引起泡沫，这些造纸机都要求配备封闭式供浆系统。

流送系统因造纸机的规格、车速、产量等不同和成品纸种的要求而有多种流程，但其基本流程（或基本环节）都是相同的，其基本流程为：

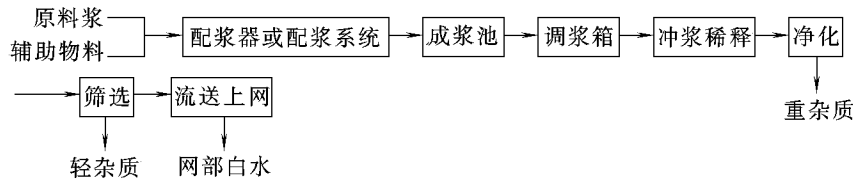


图 3-1 为较典型的一段和两段稀释的密闭式供浆系统流程。图中虚线所示为一段稀释时的流程，而方括号内的装备则可能不采用。

## 二、向流浆箱供浆的方式

向流浆箱供浆的方式，取决于造纸机的车速，流浆箱匀整装置的形式，纸浆通过流浆箱的全部压力损失等。下面介绍两种向流浆箱供浆的方式。

### 1. 由高位箱向流浆箱供送纸浆

这种供浆属于半封闭式的供浆方法。

当造纸机前的筛选设备为圆筛浆机时，将筛后的浆料流送到集浆箱中，用泵送到高位箱，再由高位箱向流浆箱供送浆料，如图 3-2 所示。

当机前筛选设备为旋翼筛时，对于中低速造纸机可不用集浆箱和浆泵。利用纸浆由旋翼筛出来所具有的余压，把纸浆送到高位箱去，再由高位箱靠位差送到流浆箱，如图 3-3 所示。

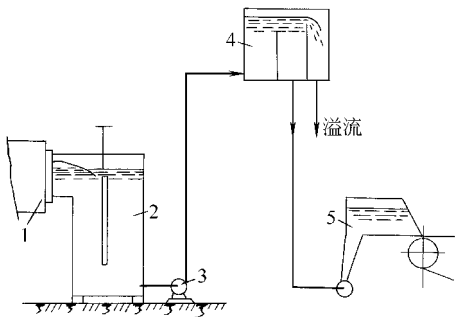


图 3-2 由高位箱向流浆箱供浆方式一

1—圆筛 2—集浆箱 3—浆泵  
4—高位箱 5—流浆箱

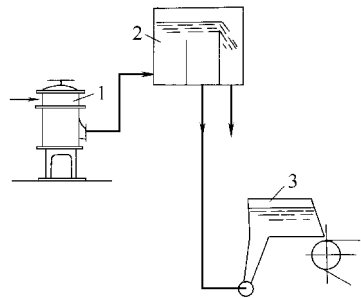


图 3-3 由高位箱向流浆箱  
供浆方式二

1—旋翼筛 2—高位箱 3—流浆箱

选用高位箱供浆的优点是，静压头稳定，供浆量稳定，并且，可在一定的范围内调节静压头的大小。目前，我国许多中低速造纸机采用这种供浆方式。

### 2. 用泵向流浆箱供送纸浆

当造纸机车速较高时，如采用高位箱向流浆箱供送纸浆的方法，高位箱就要安装在很高的位置上，这时，一方面操作管理不方便，另一方面，由于高位箱而提高厂房高度也是不妥

当的。因此，在近代中高速造纸机上，采用泵向流浆箱直接供浆。用泵供浆可适应大范围工作车速的供浆需要，供浆的调节和操作都很方便。一般是采用全封闭式。

图 3-4 为半封闭式流浆箱的供浆系统。稳压箱可维持稳定的浆位，因此，保证了上浆量的稳定。上浆泵通常采用直流电动机带动，可以连续平滑无级调速，当造纸机车速变化时，通过调节上浆泵的转速，使送浆量和造纸机车速相适应。上浆泵也采用交流电动机带动的，这时，调节供浆量不是调节上浆泵的转速，而是通过调节阀门来实现的。为了调节供浆量和稳定供浆压力，在上浆泵和流浆箱之间的管路上，装设有电动珍珠阀和气动蝶形旁通阀。当造纸机车速变化时，通常调节珍珠阀，以适应供浆量变化较大的需要。当车速一定时，平时操作进行微细调节时，只开闭蝶形旁通阀。通常珍珠阀管路的截面积与旁通阀管路截面积之比为 16：1。我国一些中高速造纸机上，均采用了这种供浆方式。

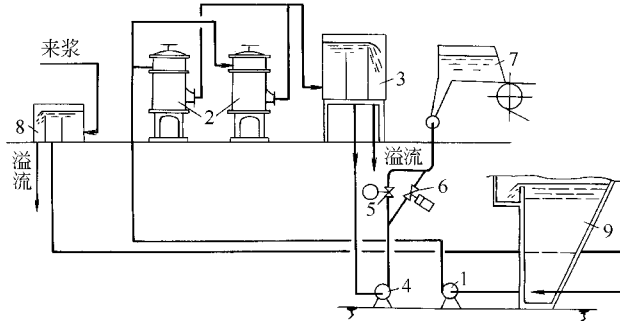


图 3-4 半封闭式流浆箱的供浆系统示意图

1—冲浆泵 2—旋翼筛 3—稳压箱 4—上浆泵 5—珍珠阀  
6—旁通阀 7—流浆箱 8—浆量调节阀 9—网下白水池

全封闭式的供浆系统不设置敞开口的稳压箱，向流浆箱供送纸浆的整个系统都是封闭的。这对于消除浆团料块和防止空气混入很有好处。

## 第二节 纸浆流送系统的相关操作单元及设备

### 一、配浆设备

配浆是把浓度已经过控制的原料浆，纸机干、湿损纸经疏解稀释后的回浆以及根据产品需要加入的填料、颜料、胶料等各种辅助物料，按照工艺要求的比例配制混合的操作单元。配浆设备是多种物料的流量控制调节计量的装置。

#### 1. 鼓式配浆器

鼓式配浆器按计量转鼓装设的不同，有立式和卧式计量转鼓两种，这里，仅简介带卧式计量转鼓的鼓式配浆器，见图 3-5。其他可见《轻工业技术装备手册》或其他参考资料。

(1) 计量转鼓的送浆量 计量转鼓的送浆量用下式计算：

$$q_v = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot L \cdot n \quad (3-1)$$

式中  $q_v$  ——计量转鼓的送浆量， $m^3/min$

$D$  ——计量转鼓的直径， $m$

$L$  ——计量转鼓浸没在原料浆仓中浆位下的长度（ $m$ ），其值为一常数

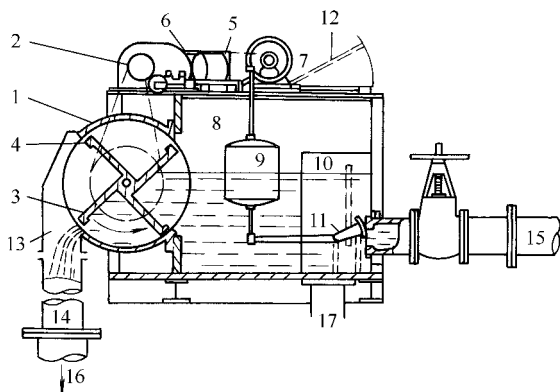


图 3-5 带卧式计量转鼓的鼓式配浆器

- 1—计量器 2—减速器 3—转鼓 4—橡皮条  
5—主变速器 6—变速器 7—电动机 8—格仓 9—浮筒  
10—溢流仓 11—浮动阀 12—检视盖 13—出浆斗  
14—混合浆槽 15—进浆管 16—出浆管  
17—清洗门及溢流管

## 2. 连续配浆系统

在现代中、高速纸机上都采用配浆系统，它是若干组并联的带有仪表控制的管路系统。每组管路的控制仪表包括：流量检测元件，流量调节器和流量控制执行元件等。流量检测元件可采用电磁流量计或造纸专用的浮子流量计等。控制执行元件可用电动、气动或液动阀。对于流量较小的辅助物料也可用各种形式的计量泵，如齿轮泵、柱塞泵等。全系统可用计算机控制，具有很高的自动化程度。

下面对连续配浆系统的工作过程作一些简要的说明。

图 3-6 所示是连续式配浆系统的调节方案。A、B、C 三种纸浆和 X、Y 两种添加物料的浓度在送到配料系统前已调节稳定，配比的问题主要是流量调节问题。这个调节系统可分为纸浆配比和添加物料配比二段。每种物料都设有由电磁流量计、调节器、比值器和调节阀等仪表组成的比值调节系统。在纸浆配比中，以混合池液位调节器 (H1-T) 的输出信号作为主信号，主信号经比值器后，作为流量调节器 (G1、G2、G3-JT) 的给定值。当纸机用浆量变化时，混合池的液位将变化，即主信号变化。主信号的变化引起各种浆料调节器给定值变化，流量调节阀发出的控制信号也随之变化，因而纸机用多少浆，系统就补充多少浆，而各浆种之间的比例是不变的。

混合浆池中已配好的纸浆送到纸机浆池。由于各种添加物料对纸浆的比例很小，故此添加物料比值调节系统的主信号采用混合浆池输出的总

$n$  —— 计量转鼓的转速， $r/min$

(2) 结构 在卧式计量转鼓的配浆器中，有调速范围为 4:1 的主变速器，它是 PIV 型链式无级变速器或其他形式的无级变速器，它带动一根总轴，这根总轴是由各计量转鼓的单独变速器的输入轴连接而成的，因而主变速器的作用是使配浆器的所有各个计量转鼓同步调速，从而调节总的输出浆量。各计量转鼓各自有单独的无级变速器，其调速范围为 6:1，形式则与主变速器相同。这样可使各个计量器的输出浆量调节范围从占配比的 15%~90% 直到 5%~30%。各原料格仓内设浮动阀来保持格仓内的最低浆位。也可以配置气动阀门来控制各个格仓的进浆管中流量。

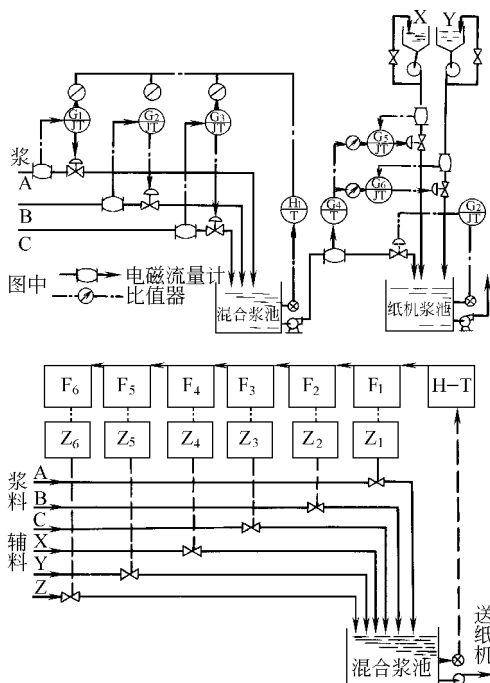


图 3-6 连续配浆系统自动调节方案

H-T—液位调节系统 F—分流器 Z—执行机构

纸浆流量调节器（G4-T）的输出信号。主信号通过各种添加物流量调节系统中的比值器，作为各调节器（G5，G6-JT）的给定值。因此，总纸浆量变化时，各添加物调节系统中的给定值也相应变化，即添加物料的流量相应变化，保持添加物料流量与总浆流量的固定比例。从混合浆池到纸机浆池的纸浆总量受纸机浆池液位（H2-T）控制。

二、纸浆的稀释

纸机前成浆池中，纸浆的浓度通常为 3% 左右，而流浆箱中纸浆的浓度则因纸种、定量、纤维的分散性质和纸浆滤水性的不同而不同。同一纸种也因纸机滤水条件和打浆程度的不同而异，甚至差别很大。表 3-1 示出了不同纸种的流浆箱中纸浆浓度的一般范围。

表 3-1 不同纸种的流浆箱中纸浆浓度

| 纸 种   | 流浆箱中纸浆浓度 / %                |
|---|-----------------------------|
| 12 $\mu$ m 以下的电容器纸                                  | 0.25~0.3                    |
| 0.08~0.17mm 的电缆纸 (56~120g/m <sup>2</sup> )          | 0.3~0.4 (双网)                |
| 拷贝纸、卷烟纸、防油纸、复写原纸、字典纸、餐巾纸等 40g/m <sup>2</sup> 以下的薄页纸 | 0.35~0.6                    |
| 50g/m <sup>2</sup> 新闻纸                              | 0.6~0.8                     |
| 50~80g/m <sup>2</sup> 凸版纸、书写纸、打字纸、描图纸、仿羊皮纸          | 0.6~0.8                     |
| 80~120 g/m <sup>2</sup> 胶版纸、绘图纸、书皮纸、信笺、铜版原纸、高级印刷纸   | 0.7~1.0                     |
| 80~110 g/m <sup>2</sup> 包装纸                         | 0.8~1.1                     |
| 140~200 g/m <sup>2</sup> 照相原纸                       | 上网 0.75~1.2<br>下网 0.65~0.85 |
| 80g/m <sup>2</sup> 纸袋纸                              | 0.4~0.65                    |

所以，为了纸浆的精选和有利于纸浆的上网成形，在纸浆输送到流浆箱之前，基本操作之一是利用纸机网部释放出来的白水稀释纸浆。这种稀释纸浆的操作一般称为冲浆。

1. 纸浆稀释的方法

因纸机有单层和双层布置之分和所产纸种以及纸机生产规模的不同，稀释方法大致上可分为混合箱型和冲浆池型两种。

(1) 混合箱内稀释法 图 3-7 所示是传统形式的混合箱示意图。

混合箱工作的一般原理是：纸浆和白水分别被泵送到混合箱的相应格内，通过调节各自闸门的开口面积，从而控制来料量和白水量，以调节稀释后纸浆的浓度。混合箱一般放在造纸机前较高的位置（高出上网浆液位 2~5m），容积不宜过大，多用于圆网造纸机和低速窄

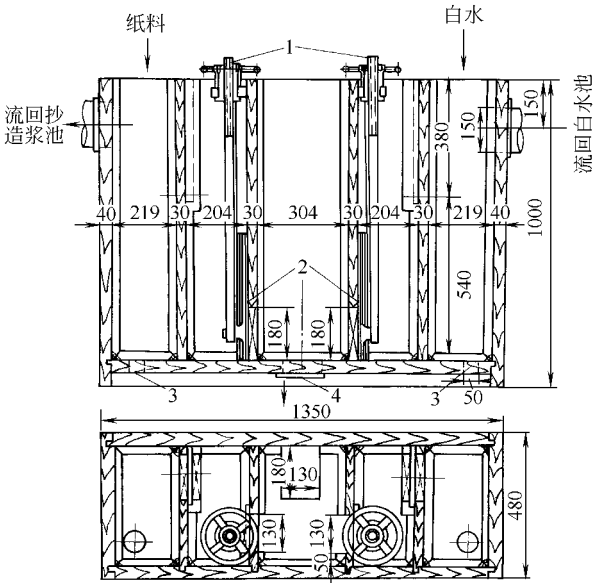


图 3-7 混合箱示意图

1—M24 不锈钢丝杆 2—可调闸门 3—排污孔  
4—稀释好的纸浆流出孔



幅的长网纸机上。

(2) 冲浆池型稀释法 冲浆池分机内和机外冲浆池（网下白水池）。

图 3-8 是机外冲浆池示意图，图 3-9 是机内冲浆池的示意图

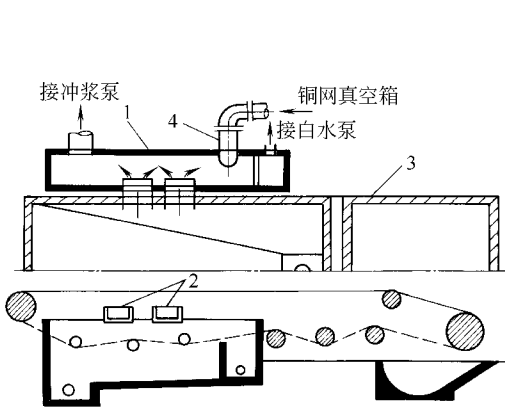


图 3-8 机外冲浆池示意图

1—机外冲浆池 2—连接冲浆池和接水盘的流槽  
3—伏辊损纸池 4—真空箱真空泵出口总管

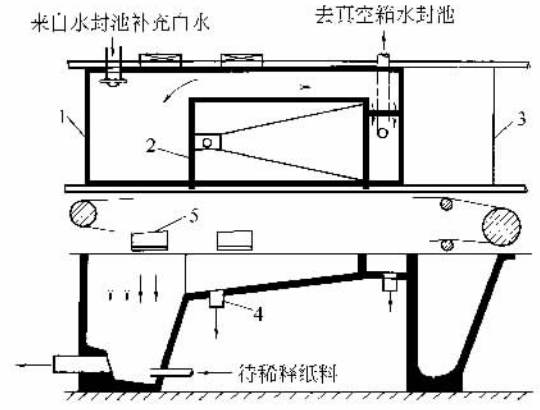


图 3-9 机内冲浆池示意图

1—机内冲浆池 2—洗网水收集池 3—伏辊损纸池  
4—清水排出管 5—使接水盘的水流入冲浆池的矩形短管

机外冲浆池可置于纸机车间的地板上，从而适用于单层布置的中小型长网造纸机和圆网造纸机。它的工作原理可用图 3-10 说明如下：

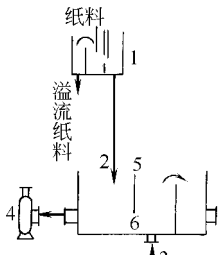


图 3-10 机外冲浆池稀释法

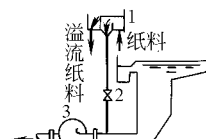


图 3-11 机内冲浆池稀释法

如图 3-10 所示，调浆箱 1 送来的定量纸料 2，进入冲浆池的第一格中，与纸机来的白水 3 混合，混合后的稀释纸料用泵 4 送去净化筛选。稀释用白水量多少，可通过闸板 5 调节开口 6 的面积来控制，多余的白水溢流到第三格，送往白水回收系统。

机内冲浆池（亦即网下白水坑）适用于产量较高，白水循环量大的双层布置（纸机及附属设备布置在两层楼内）的中、大型纸机。它的工作原理可用图 3-11 做一说明。

如图 3-11 所示，是网下白水池和混合泵结合的稀释纸料的形式。调浆箱 1 来的纸料，受阀门 2 的控制，定量地流入混合泵 3 的吸入口，与网下白水池来的白水混合，并由混合泵送往净化筛选。

## 2. 我国在纸料稀释上常采用的流程

图 3-12、图 3-13、图 3-14、图 3-15、图 3-16 是我国纸厂常用的纸料稀释流程图。

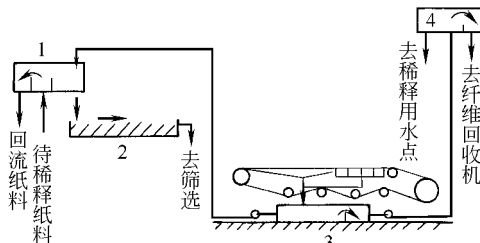


图 3-12 混合箱型 I 的稀释流程

1—混合箱 2—沉砂盘 3—白水池 4—白水箱

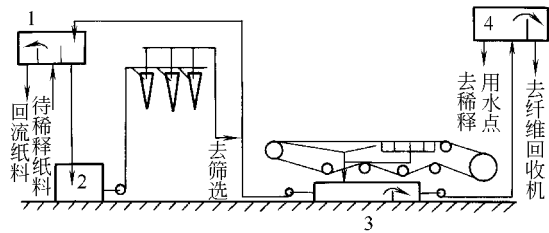


图 3-13 混合箱型 II 的稀释流程

1—混合箱 2—中间池 3—白水池 4—白水箱

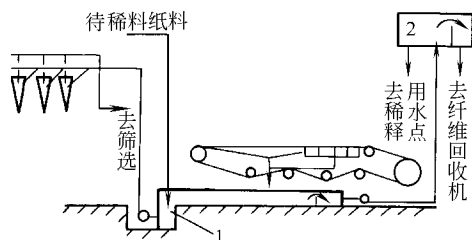


图 3-14 机外冲浆池型 I 的稀释流程

1—冲浆池 2—白水箱

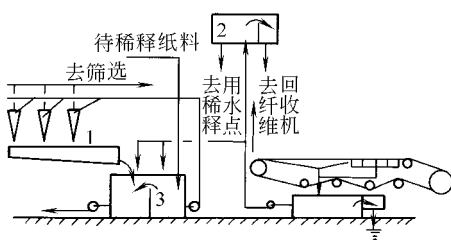


图 3-15 机外冲浆池型 II 的稀释流程

1—锥形除渣器第一段的渣浆流槽 2—白水箱 3—冲浆池

### 3. 稀释作业合理化的一些具体要求

(1) 应设法避免空气混入浆料中，影响或干扰短循环。注意从高位调节箱溢流浆流引入冲浆池的方式。图 3-17 所示是高位调节箱中溢流至冲浆池的几种方案。在图 3-17 的方案中，A 是浆料从高位调节箱自由溢流到冲浆池，所产生的气泡去到泵的入口，干扰泵的操作。B 是浆溢流管引至浆池的后部，靠近池壁下来，这就很少有空气混入浆料。C 是将溢流管引至浆料面下。溢流液位控制器使溢流管充满纸浆，所以空气无法进入冲浆池。

注意从高位调节箱至冲浆池管道中，定量阀的安装位置应位于冲浆池正常液面以下，避免定量阀下游可能积聚的空气混入浆料中。

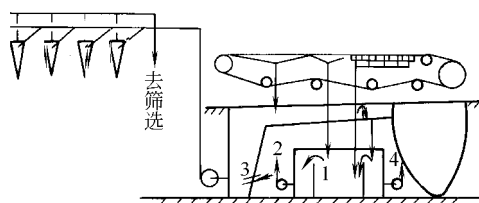


图 3-16 机内冲浆池的稀释流程

1—水封池 2—送稀释用水点和纤维回收机

3—浆管 4—送稀释用水点

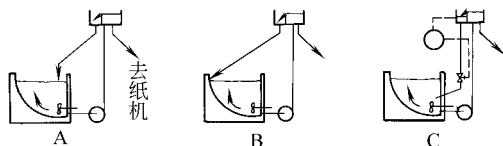


图 3-17 从高位箱回流到浆槽的几种方案（气泡问题按 A→B→C 而依次减少）

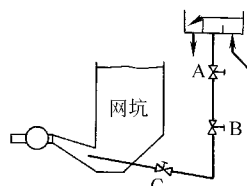


图 3-18 定量阀的布置方案（A—不合理 B—尚可 C—最佳）

图 3-18 列出了定量阀安装位置的三个方案。在方案 A 中，定量阀安装在冲浆池液面以上。阀门下的静压头很低，容易积聚气泡，而且气泡不能通过浆阀逆流上升，所以易造成空气液混入浆料中，改变了流往流浆箱浆流状况。方案 B 的浆阀安装在冲浆池液面以下，但在其倾斜管以上，积聚在阀门下面的空气比方案 A 要少得多，但仍然有可能积聚。方案 C 的浆阀装在倾斜管上，气泡只是经过浆阀而不能在阀上积聚。倾斜管应有 4/100 的向上倾的坡度，并在顶部设置排气孔，使聚积的空气从这里排出。调节箱（或其他高位箱）内的纸浆深度值应大于排出管的纸浆流速值，如图 3-19 所示。

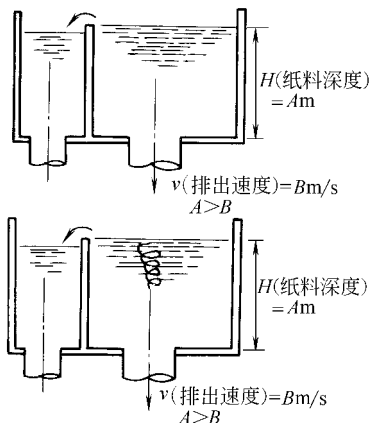


图 3-19 调节箱内纸浆深度、排出速度对产生涡流的影响

在方案 A 中，定量阀安装在冲浆池液面以上。阀门下的静压头很低，容易积聚气泡，而且气泡不能通过浆阀逆流上升，所以易造成空气液混入浆料中，改变了流往流浆箱浆流状况。方案 B 的浆阀安装在冲浆池液面以下，但在其倾斜管以上，积聚在阀门下面的空气比方案 A 要少得多，但仍然有可能积聚。方案 C 的浆阀装在倾斜管上，气泡只是经过浆阀而不能在阀上积聚。倾斜管应有 4/100 的向上倾的坡度，并在顶部设置排气孔，使聚积的空气从这里排出。调节箱（或其他高位箱）内的纸浆深度值应大于排出管的纸浆流速值，如图 3-19 所示。

(2) 供浆管道浆速的选择。浆管的实际流速多在 2.13~4.27m/s 之间，以维持纤维与水的混合均一和避免纸浆挟带的空气释出。

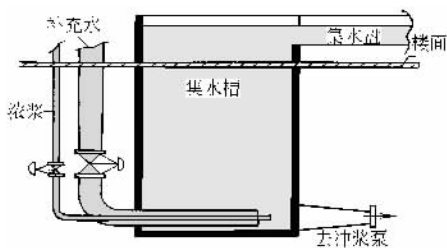


图 3-20 集水槽设计一例

(3) 设计好从定量控制阀来的浓浆与白水的混合部位。图 3-20 所示是控制阀来的浓浆与白水混合后送入冲浆泵入口的设计例子。

传统的观点一般认为进口管应该进入到冲浆泵入口连接管。如果这样，存在着开机时冲浆泵发生“气阻”的危险。因为在开机前浓浆和补充水管都是空的，突然向下的流体冲击力，将迫使空气跟着一起进到泵入口而造成“气阻”。这两根管应与联管有一定距离，以便空气在进入冲浆泵联管前可向上逸出。

便空气在进入冲浆泵联管前可向上逸出。

### 三、纸浆的净化和筛选

造纸机前纸浆的精选主要包括纸浆的净化和纸浆的筛选两种基本操作。

纸浆净化的目的在于除掉纸浆中相对密度大的杂质，如砂粒、金属屑、煤渣等。因此净化设备的原理，都是利用重度差来选分杂质的。筛选的目的在于除掉纸浆中相对密度小而体积大的杂质，如浆团、纤维束、草屑等。因此筛选设备的原理，都是利用几何尺寸及形状的差异来选分杂质的。

一般都将净化与筛选组合成同一个系统，并且大都是把净化放在筛选之前，以延长筛板的寿命。

#### (一) 净化设备

净化设备有重力沉降型和离心沉降型两种，前者主要指沉砂盘（沟），而后者则包括各种涡旋除砂器及离心除渣机。

##### 1. 离心除渣机

图 3-21 所示是离心式除渣机的一种结构形式。其他类除渣机虽然结构上有所不同，但其工作原理都基本相同。这种离心式除渣机，有一个由内筒 2 及外筒 3 组成的转子装在锥形轴套上，轴套则装在特殊制成的长轴的立式电动机 4 的外伸轴颈上。在立轴下部有停机制动器 9 以便快速地停机进行清洗。同心的转子内外筒如图示构成了环形的纸浆通道。纸浆沿浆沟流到位于轴心线上的进浆管 5，落到旋转的分浆叶轮 6 上，并被离心力甩到内筒的内壁上。纸浆在内筒中向下流，通过内筒下部的孔甩向外筒的内壁，再沿外筒上升。在此过程中，纸浆内的粗渣聚集在转子筒壁流动并被筒壁的突缘所阻留。已经过精选的纸浆通过环形缝隙流入收集槽 7 再被流出机外。转子底部有清洗孔 8 供清洗转子内外圆筒内壁时排渣排水之用，在生产运行时，由于纸浆受离心力的作用而不会从这

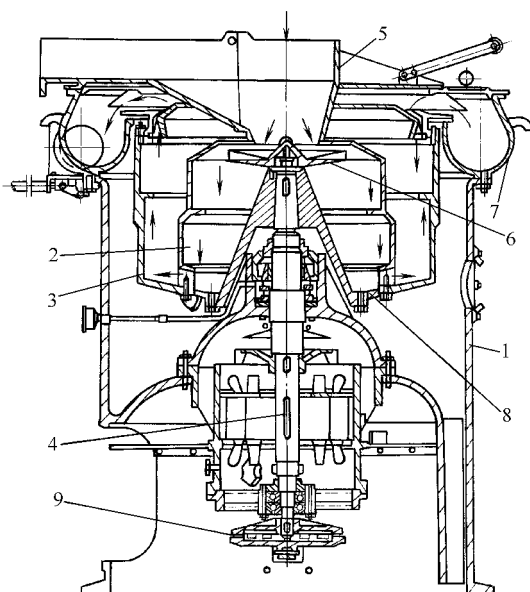


图 3-21 离心除渣机的一种结构形式

- 1—机壳 2—转子内筒 3—转子外筒 4—电动机  
5—进浆管 6—叶轮 7—收集槽 8—清洗孔  
9—停机制动器

些孔中流出来。转子内积留的粗渣就在清洗时被冲洗出来。

在离心式除渣机中，作用在粗渣粒子上的离心力为：

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2 = \frac{G}{g} \cdot r \cdot \omega^2 \quad (3-2)$$

式中  $m$  —— 粒子质量， $m = \frac{G}{g}$ ，kg

$G$  —— 粒子重力，N

$g$  —— 重力加速度， $m/s^2$

$r$  —— 粒子与回转轴线的距离，m

$\omega$  —— 粒子的角速度， $rad/s$

由上式可知，离心力与粒子运动的回转半径成正比，与粒子角速度的平方成正比。由于该机具有两个直径不同的圆筒，在尺寸较大的外筒中离心力较大，可以使较细小的粗渣附在筒壁上而被阻留。

离心除渣机在进料浓度为 0.4%~1.0% 时，净化效果较好，且能捕集橡胶等轻量杂质，采用常压进浆，毋需泵送。但生产能力较低，用于生产规模稍大的纸机，则需设置多台，不仅占地面积过大，而且轮换运行，操作管理复杂，动力消耗大，除在生产高级书写、印刷纸和工业用纸的纸机前仍有采用外，一般已由其他净化设备所代替。

## 2. 涡旋除渣器

涡旋除渣器已在上册第六章中作了详细讨论，这里只讨论涡旋除渣器在流送系统中的应用。

锥形除渣器是一种高效率的净化设备，其生产能力大，占地面积小，所以是纸机前净化操作中应用最为广泛，也是最重要的设备。当锥形除渣器应用于流送系统时，必须注意如下一些问题。

(1) 除渣器的串联 锥形除渣器往往不是单个使用，而是采取串联循环的方法排列。若把尾渣依次串联实行多次除渣称为“分段”；把良浆依次串联实行多次除渣称为“分级”。图 3-22 为二级三段的串联流程。

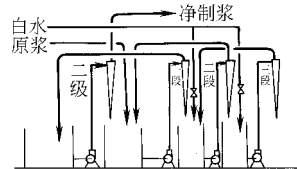


图 3-22 二级三段的净化流程

分段的目的是为了减少尾渣中的纸浆损失。分级的目的是为了提高良浆的净化质量。具体流程设计，要根据纸浆的质量、除渣器的型号、产品的质量要求等具体条件而决定。由于多一级处理动力消耗成倍地增大，只有在一级合理使用而质量还达不到要求的情况下，才可以考虑二级，绝大多数的情况都是采用一级净化流程。

(2) 锥形除渣器型号的选择 一般来说，小型号的锥形除渣器净化效果好，但生产能力低，要满足同样的产量，需要的台数多，动力消耗较大。另外小型号的除渣器，排渣率较大，使浆渣处理的负荷增大。在处理粗浆时，排渣口易堵塞。因此存在着净化质量与经济性及操作性之间的矛盾，必须根据产品质量要求来综合考虑，做出适当的选择。当生产一般纸种，不要求纸料有很高的净化程度，选择 606 型就可以既满足产品的质量要求，又获得较好的经济性。而生产纸板和较低级的纸时，对产品的尘埃度要求不严格，可选用 622 以上的大型号除渣器，以除去较大的杂质。只有生产对尘埃度要求特别严格的高级纸时，才有必要选择 600 型除渣器。

造纸车间使用最多的是 606 和 600 型锥形除渣器。

使用除渣器的一项基本原则是要保证它能在满负荷情况下运转，取得较高的除渣效率。

例如，需要通过一级除渣的纸浆量为 900L/min，为了节省动力，应当尽量少用除渣器的个数，因此可考虑采用每台生产能力为 550L/min 的 606A 型除渣器二台，但这样的结果是每台除渣器的负荷只有 81.8%。也就是说不能满负荷运转。如果改用 1 台 606A 型和另一台 606 型（生产能力为 350L/min）除渣器并联，虽然情况略有好转，但也还是不能达到两台除渣器都能满负荷运转，而且还带来了由于两台除渣器尺寸规格不一样，给管线安装带来困难。

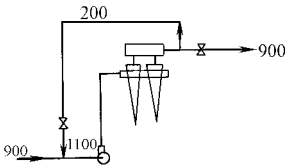


图 3-23 “循环法”净化流程

解决的办法是采用 2 台 606A 型除渣器并联，采取“循环法”来解决，如图 3-23 所示。

(3) 制定合理的工艺技术条件。

A. 纸浆浓度 进入除渣器的纸浆浓度越大，除渣效率越小，一般进料浓度为 0.3%~0.9%，除渣效率为 50%~70%。

B. 纸浆进出口压力 除渣器进出口的压力差是影响产量和分离能力的决定因素。因为纸浆是借压力通过除渣器，旋转运动的离心力也是由于压力所产生的。由此可见，对除渣器的进浆压力必须给予足够的重视，才能发挥除渣器的分离效果。提高进浆压力，产量及分离能力增加，但是过高的压力又增大了动力的消耗。通常进料口压力  $p_1=180\sim350\text{kPa}$ ，出料口压力  $p_2=10\sim30\text{kPa}$ ， $p=150\sim210\text{kPa}$ ，平均  $\Delta p=160\text{kPa}$ 。

C. 排渣口 锥形除渣器粗渣均由器底的喷嘴喷出。喷嘴的喷孔直径按除渣器的规格、纸浆品种及对精选的要求不同而可为 3~25mm。粗渣嘴易于磨损，故都采用耐磨材料如渗钨铸铁或“尼龙”工程塑料制成，并设计成便于拆换的结构。

在除渣器排出的尾渣中，不可避免地会夹带一些好浆。为了降低纤维流失，可在排渣口设置节浆器。它是在除渣器的下部锥管装设有切线方向注水管的接头，以一定的压力注入清水，使该处的浓度稀释，并提高其旋转速度，促使纤维与杂质分离，从而减少纤维流失。

(二) 纸浆筛选设备

在造纸机前，使用的纸浆筛选设备有振动平筛、外流式圆筛、内流式圆筛和压力筛（亦称旋翼筛）等。振动平筛已基本被淘汰，而内流型振动圆筛也已多被压力筛取代。这里只简要介绍外流振鼓圆筛和压力筛的应用。

1. 外流型振鼓圆筛

外流型振鼓圆筛如图 3-24 所示。筛鼓以 1~3r/min 的转速旋转，其鼓颈支承在铰接横臂上。使筛鼓产生振动的机构有偏心轮连杆式和棘轮式两种。图 3-25 是两种振动机构的示意图。国产外流振鼓圆筛的型号、规格可参见表 3-2。

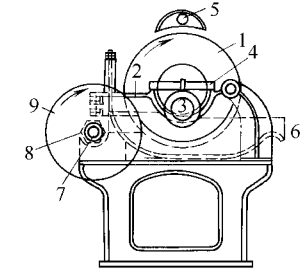


图 3-24 外流型振鼓圆筛

- 1—筛鼓 2—横臂 3—进浆管
- 4—承渣槽 5—喷水管 6—出浆槽
- 7—转轴 8—凸轮 9—皮带轮

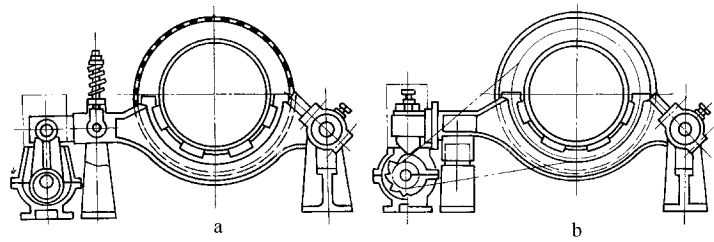


图 3-25 低频振鼓式外流圆筛的振动机构

- a—偏心轮连杆 b—棘轮

表 3-2 国产外流振鼓圆筛的型号、规格

| 型 号                 | ZSG1      | ZSG2      | 型 号          | ZSG1 | ZSG2 |
|---------------------|-----------|-----------|--------------|------|------|
| 筛选面积/m <sup>2</sup> | 2         | 4.5       | 筛鼓转数/(r/min) | 0~3  | ~1.5 |
| 筛鼓尺寸/mm             | φ700×1000 | φ930×1720 | 筛鼓频率/(次/min) | 572  | 630  |

外流型振鼓圆筛的筛鼓面积利用率低，仅为筛鼓侧面积的  $1/4 \sim 1/3$ ，故生产能力低，在制浆过程中很少应用，在流送系统中，用于中小型纸厂优质薄页纸机前的筛选。最适于抄制长纤维浆配比高的字典纸、卷烟纸、书写纸、证券纸等高级纸张。

外流振鼓圆筛筛缝宽度和纸种的关系见表 3-3。

表 3-3 外流振鼓圆筛筛缝宽度和纸种的关系

| 纸 种    | 卷烟纸及薄页纸   | 中、高级印刷纸   | 新闻纸及与其类似的纸 | 包装纸、卡纸 |
|--------|-----------|-----------|------------|--------|
| 筛缝宽/mm | 0.25~0.35 | 0.45~0.55 | 0.6~0.7    | 0.9    |

## 2. 压力筛

压力筛中的旋翼筛是现在用得最广泛和最为成功的纸机前纸浆的筛选设备。

由于用于造纸机前流送系统的旋翼筛进浆浓度和处理量对净化效率影响不大，但通过量只随进浆浓度的提高而降低，因此用于造纸机前时进浆浓度随纸种和定量而异，一般为  $0.7\% \sim 1.0\%$ 。

旋翼筛的筛孔直径或筛缝宽度（现在处理长纤维纸浆的旋翼筛，筛孔多改为筛缝）随生产纸张品种不同而异，分别如表 3-4 和表 3-5 所示，作为选择旋翼筛时参考。

表 3-4 压力筛筛孔直径与生产纸种的关系

| 纸 种   | 薄型纸（卷烟纸、打字纸） | 普通文化纸   | 新闻纸     | 包装纸（纸袋纸、牛皮纸） | 纸板（黄纸板） |
|-------|--------------|---------|---------|--------------|---------|
| 孔径/mm | 1.0~1.2      | 1.2~1.6 | 1.4~1.6 | 2.0~2.8      | 2.8~3.2 |

表 3-5 旋翼筛筛缝与生产纸种的关系

| 纸 的 名 称        | 缝 宽/mm    | 纸 的 名 称      | 缝 宽/mm    |
|----------------|-----------|--------------|-----------|
| 特薄纸            | 0.2~0.3   | 中级包装纸、纸袋纸    | 0.7~0.8   |
| 卷烟纸、高级书写纸、蜡纸原纸 | 0.25~0.35 | 低级包装纸、一般包装纸  | 0.9~1.00  |
| 高级书写纸和印刷纸      | 0.35~0.4  | 黄纸板          | 1.00~1.30 |
| 中级书写纸和印刷纸      | 0.4~0.45  | 厚纸板和板纸       | 1.30~2.00 |
| 招贴纸、薄型包装纸、电缆纸  | 0.5~0.6   | 中层纸板（多圆网机生产） | 0.9~1.00  |
| 新闻纸和轮转印刷纸      | 0.6~0.7   | 外层纸板         | 0.5~0.6   |

旋翼筛在密闭条件下作业，浆流借压力通过筛鼓，良浆从出口管再输送到流浆箱构成密闭的管道系统，为流浆箱的操作和控制创造了良好的前提条件。这种筛选设备结构紧凑，占地面积小，生产能力大，但动力消耗低，筛选出来的纸浆质量良好，而且清洗方便。因此，旋翼筛现已成为机前的首选筛选设备。

但是，旋翼筛亦并不是完美无缺的。因为筛内转子每转一圈，筛鼓眼孔压力便产生正负压力波动。正因为旋翼筛有这种周期性的压力波动，致使流浆箱产生脉动现象，引起流浆箱喷嘴纸浆流动速度变化，因而造成纸的纵向定量波动。为了找出消除旋翼筛脉动的措施，研究引起旋翼筛纸浆脉动的因素及其影响是必要的。

实践证明, 旋翼筛转子的转速、旋翼与筛鼓之间的距离、旋翼的数目和旋翼形状等是影响脉动的主要因素。操作中, 改变转子的转速是减小脉动最实际的方法, 但是要较彻底地减

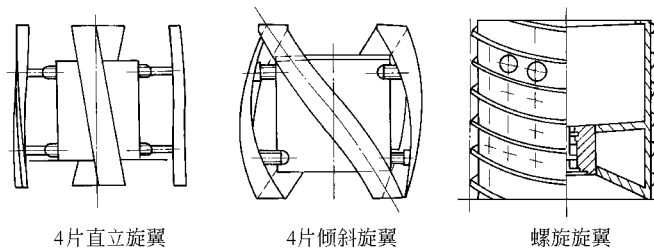


图 3-26 直立、倾斜和螺旋旋翼

小脉动, 改变旋翼的形式, 则是行之有效的方法。图 3-26 所示是旋翼的三种形式, 图 3-27 给出了倾斜旋翼的照片图。



图 3-27 倾斜旋翼  
转子照片图

试验结果表明, 旋翼的形式对脉动的大小有非常明显的影响, 倾斜旋翼转子的脉动比直立旋翼小得多, 至于螺旋式旋翼的脉动, 那就更小了。

### 3. 无脉冲旋翼筛

造纸机前最靠近的旋翼筛从其基本原理出发是总会产生浆流的脉动或压力脉冲的。因此, 开发无脉冲的旋翼筛是近年很受重视的发展方向。以下介绍国内外的一些最近动态。

图 3-28 所示是美国贝洛伊特 (Beloit) 公司的无脉冲旋翼筛。这是一种外流筛。浆料切向进入环形进浆槽并溢流入筛鼓内部, 在压力下通过筛鼓朝外进入环形的出浆区, 在该区下部沿全圆周开有 5 处出浆接管口。这样的配置同鼓内两个旋翼所引起的压力脉冲相联系, 可借相位角的错列而对脉冲进行整流, 抑平出浆总管中压力脉冲曲线的峰谷

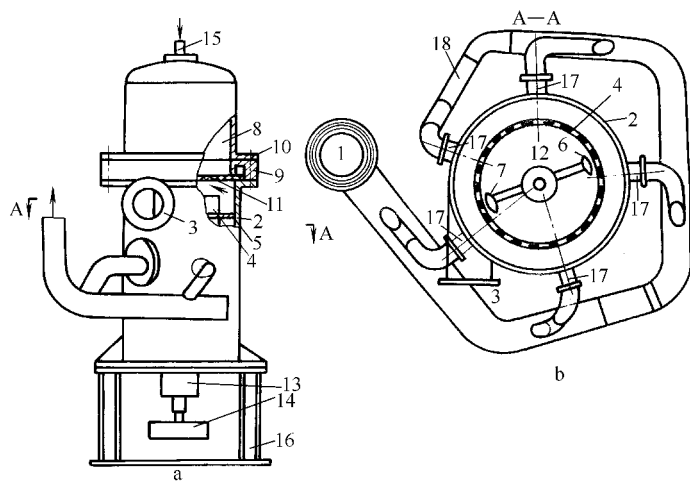


图 3-28 贝洛伊特 (Beloit) 无脉冲旋翼筛

a—立面图 b—A—A 截面图

- 1—出浆管口 2—筛壳 3—进浆口 4—筛鼓 5—环形进浆槽  
6、7—旋翼 8—压缩空气腔 9—带密封圈的压环 10—上盖 11—胶膜片  
12—主轴 13—轴承壳 14—带轮 15—压缩空气进口  
16—支架 17—出浆接管口 18—出浆总管

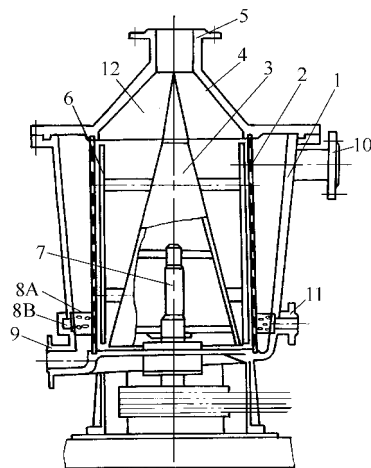


图 3-29 轻工业杭州机电设计研  
究院专利的无脉冲旋翼筛

- 1—锥形筛体 2—筛鼓 3—锥形旋筒  
4—锥形顶盖 5—出浆口 6—旋翼  
7—主轴 8A—多孔环带 8B—凹环  
9—尾浆出口 10—进浆口 11—冲  
稀水进口 12—导流叶片 (6 片)

值。另外在筛顶部有充满压缩空气的腔，借橡胶膜片对筛中充满的浆料施加压力并起缓冲和抑制压力脉冲的作用。

我国的无脉冲旋翼筛（图 3-29）是一种内流型旋翼筛。其特点在于有锥形旋筒、锥环形进浆旋流道和带有导流叶片的锥形出浆流道。导流叶片的匀流作用可抑制浆流中的压力脉冲。

#### 4. 造纸机前的净化 and 筛选流程

造纸机前的净化和筛选流程因生产规模、纤维原料、所抄纸种和采用净化和筛选设备不同而异。

图 3-30 是其中较为典型的一例。

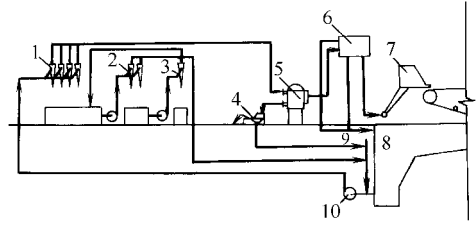


图 3-30 造纸机前的净化和筛选系统

- 1—一段 606 型除渣器 2—二段 606 型除渣器  
3—三段 606 型除渣器 4—高频振框平筛  
5—旋翼筛 6—稳浆箱 7—流浆箱 8—网下白水  
水池 9—由高位箱来浆 10—混合泵

### 四、纸浆的除气装置

纸浆中常常带有空气，空气存在于纸浆中会使抄纸过程产生许多问题。

纸浆中的空气以两种状态存在，一种是游离状态的空气，另一种则是结合状态的空气。游离状态的空气，存在于纤维与纤维之间或附在纤维上，也有存在于纤维细胞腔中的，而结合状态的空气则指溶解于水和吸附在纤维上的空气。游离和结合两种状态的空气，在一定条件下可以相互转化。

两种状态的空气中又以游离状态的空气对抄纸过程影响最大。而一般地说，结合状态的空气对纸浆性质的影响不大，除非纤维上吸附的气体为  $\text{CO}_2$  时，才会影响纤维的极性，产生絮聚现象。在纤维与纤维之间或附着在纤维之上的空气气泡，是产生泡沫的主要原因，而存在于细胞腔内的空气，则使纤维相对密度减轻，成为浮浆的主要原因。浮浆致使流浆箱堰池浆液表面浓度增大，并且会使流浆箱内上部的纸浆浓度大于下部。有人在一台新闻纸机上做过试验，在流浆箱中上部纸浆浓度较之离表面浆液 150mm 内的浓度约高 4%，可是一旦纸浆原先脱离了空气，则流浆箱中，上、下层纸浆浓度变得均匀一致。在生产实际中常在流浆箱中设置高压水管消除泡沫并稀释上部纸浆的浓度，另一方面，通过溢流的方法，将堰池表面浓度较大的纸浆流出，达到浓度一致。若流浆箱设计不好，使上部纸浆停滞，则上部纸浆浓度剧增，当这部分纸浆上网后，在网上立即出现料块，浆团，使成纸有云彩花（表明纤维分散不匀）和纸页定量不均匀的纸病。

纸浆中存在空气，增加了它的可压缩性，因此在设计封闭式压力流浆箱时，必须考虑到纸浆可能产生的脉动大小。纸浆中的空气会堵塞毛细管眼孔，阻碍纸浆脱水，减低网部脱水部件的抽吸作用，降低脱水能力。当流浆箱使用喷水管消沫和稀释上部纸浆时，由于增加了温度低的清水，降低了纸浆的温度，提高了其粘性，也使脱水困难。

在使用脱气纸浆而又不提高纸机车速的情况下，烘缸部干燥纸可节省蒸汽用量（据报道，可节约蒸汽用量 7%），这可能是由于进入烘缸部的湿纸干度较大，或者是由于纸较紧密、传热较好的缘故。此外，脱了气的纸浆压榨脱水和纸的压光都比较容易，纸的平滑度好，透气度低，这可能是由于湿纸成形较好、纸较紧密所致。

纸浆如有泡沫，常使网部成形的湿纸产生泡沫点和成纸质量不佳，如为多层纸板，则容易分层。泡沫点是纸浆中的泡沫在湿纸成形时破裂所致，产生圆形小点，比周围的纸页透明一些，如纸浆中加有填料，泡沫点常带有较多的填料，这是由于泡沫上挂有较多填料，泡沫



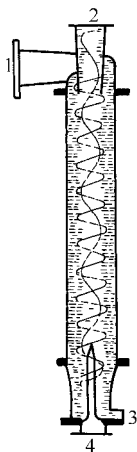


图 3-31 涡流

除渣脱气管

1—纸浆进口

2—纸浆出口

3—粗渣出口

4—接真空泵

破裂时沉积在纸上的结果，所以当填料为白色，生成的是白色泡沫点，如有颜色的填料则生成该种颜色的泡沫点。另外，生产透明纸（例如防油透明纸）这类高密度的纸张，特别要求纸浆脱气。

综上所述，纸浆中虽然空气量很少（一般含有 0.4%~6% 的空气量，以体积计），但对抄纸过程的各个环节影响很大。为了改善纸浆性质和纸的质量，最好使用脱气设备脱除纸浆中的空气。因此，许多造纸机，特别是高速造纸机前的纸浆流送部分和流浆箱，都设有脱气消沫装置。

生产能力不大的造纸厂，可以用涡流除渣脱气管作为纸浆的脱气设备，如图 3-31 所示。涡流除渣脱气管的作用原理与涡流除渣器相同，不同之处是在脱气管的底部装有一根直通管子中央气柱的抽气管，将气柱中的空气抽出。

图 3-32 所示，是应用在大型造纸机上，被称为“飞翼式”的除气器，它是一种较新型的除气装置。它的筒体两侧各有成为展翅形状装设的收集筒，这就是除气器的“翼”。收集筒是接受成排的锥形涡流式除渣器上端良浆出口的总管，收集筒的中心线正对除气器筒体的中心，并以一定角度上翘。这个角度使得收集筒内的纸浆总是保持在不到半满的程度。同时，成排的除渣器上端良浆出口一直伸入到收集筒内浆位以上的空间部分。这样收集筒上半部的真空区就与成排除渣器下端的排渣总管借除渣器的中心气柱而沟通了。两翼的除渣器构成两个精选级，即一翼除渣器的粗渣再送入另一翼的除渣器去精选。除气器筒体内用溢流堰保持浆位，堰板的高度可以按造纸机要求的浆量一次调定。筒体中心应高于网下白水井液面至少 11.6m。当纸浆温度高于 38℃ 时，筒体内的真空最好用两台串联的真空泵来形成，其他情况下则用一台真空泵设在蒸汽喷射器之后。

筒上半部的真空区就与成排除渣器下端的排渣总管借除渣器的中心气柱而沟通了。两翼的除渣器构成两个精选级，即一翼除渣器的粗渣再送入另一翼的除渣器去精选。除气器筒体内用溢流堰保持浆位，堰板的高度可以按造纸机要求的浆量一次调定。筒体中心应高于网下白水井液面至少 11.6m。当纸浆温度高于 38℃ 时，筒体内的真空最好用两台串联的真空泵来形成，其他情况下则用一台真空泵设在蒸汽喷射器之后。

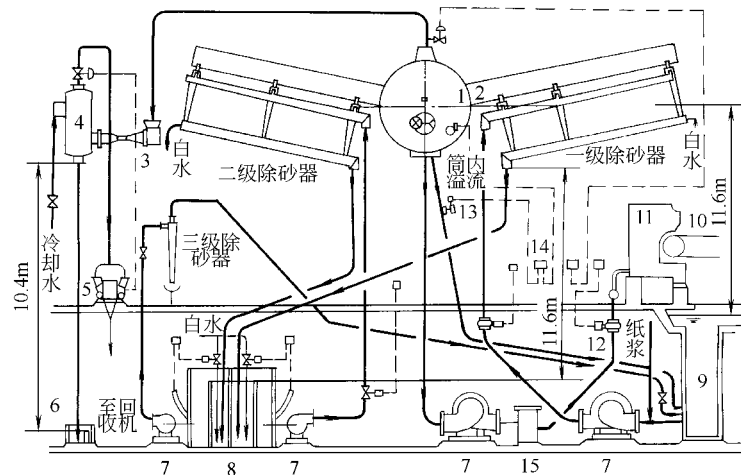


图 3-32 “飞翼”式除气器

1—筒体 2—收集筒 3—蒸汽喷射器 4—冷凝器 5—真空泵 6—水封池 7—输浆泵 8—粗浆池

9—网下白水井 10—长网 11—流浆箱 12—阀位控制器 13—差压检测器 14—浆位记录器 15—密闭式旋翼筛

## 五、脉冲抑制设备

为了防止进入流浆箱的浆流带有压力或速度脉冲，在高速造纸机的流送系统必须考虑消

除浆流中的脉冲。浆流脉冲对配用开启式或气垫式流浆箱的低速或中速造纸机的工作影响不明显，因流浆箱内浆面上的空气层有抑制脉冲的作用。但在配备全封闭的满流式或水力式流浆箱的高速造纸机上，浆流脉冲则会导致纸幅定量的波动。

造成流送系统中浆流脉冲的原因很多。其中泵和旋翼筛产生的脉冲最大，设计不良的管道中的积气振动，水击及管体振动等，也是造成浆流中脉冲的重要原因。在流送系统中采用无脉冲或低脉冲泵和旋翼筛，合理设计管道等，都是减少浆流脉冲的有效措施。但要完全消除脉冲是困难的，为此在流浆箱前还要设置脉冲抑制设备，以进一步减少浆流中的脉冲。

脉冲抑制设备可分为接触式（图 3-33）和非接触式（图 3-34）两类。在接触式脉冲抑制设备中浆流表面直接与气垫接触，利用气垫的弹性抑制脉冲。在非接触式脉冲抑制设备中，浆流和气垫间有膜片相隔，利用膜片及气垫的弹性来抑制脉冲。

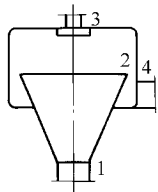


图 3-33 接触式脉冲抑制设备

- 1—浆流入口 2—密闭仓
- 3—压缩空气进口
- 4—浆流出口

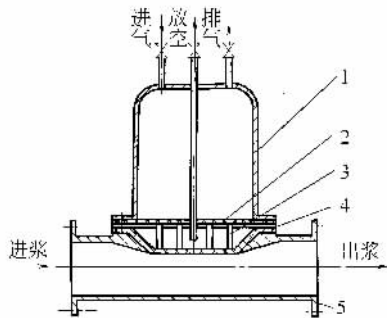


图 3-34 非接触式脉冲抑制设备

- 1—气罩 2—多孔隔层 3—泡沫胶棒
- 4—胶膜片 5—抑制设备本体

## 六、流送系统中的其他设备

### （一）冲浆泵

冲浆泵是专用于向造纸机流浆箱输送浓度很低（一般浓度 $\leq 1\%$ ）的纸浆的离心式浆泵。一般是双吸式离心泵，如图 3-35 所示。由离心式泵的特性可知，这种离心式冲浆泵的扬量有一定的脉动性。这对高速造纸机上的抄造有一定的有时甚至是显著的影响，送浆的脉动性会使抄造出来的纸幅定量沿纵向的分布有周期性的变化。为了减少冲浆泵输浆的脉动性，冲浆泵的叶轮都设计成双吸封闭式，中间有隔板，其两边的叶片相互错开半个叶距，且叶片的

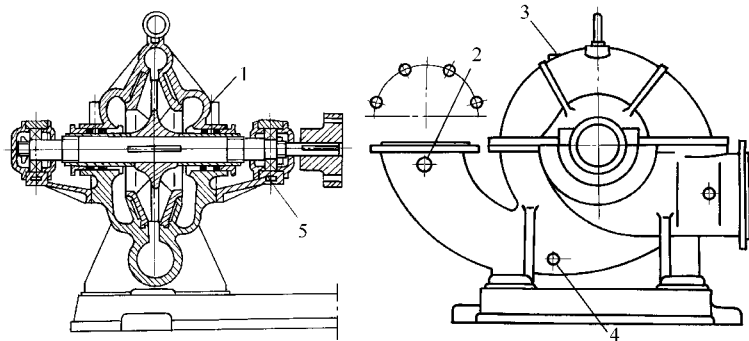


图 3-35 双吸型离心式浆泵（冲浆泵）

- 1—水封口 2—压力表接口 3—引水口 4—放空口 5—冷却水进出口

出口边与叶轮中心线形成一斜角；叶轮叶片数比较多，根据叶轮大小每侧有 6~12 片，叶轮要采用精密铸造成形，并经过精细的动平衡。

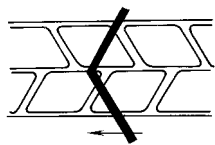


图 3-36 冲浆泵壳的 V 形隔舌

冲浆泵泵体的特点是：在泵体蜗室同出浆管相接处形成的隔舌，同叶轮外径之间的距离相对地取得大些，约为叶轮半径的 7%~10%；其次是将隔舌设计成 V 形，如图 3-36 所示。这样可使隔舌相对叶轮逐渐切入，隔舌对产生压力脉动的影响可进一步减少。

冲浆泵有使纸浆均匀搅拌的任务。它的吸入口接在冲浆回水池液面的下方，而从回水管的旁管引入配合好的纸浆，为达到均匀混合之目的，应使纸浆的流速高于回水的流速，纸浆的流速一般不低于 3~4.5m/s。

为了实现冲浆泵扬量调节的自动化，通常可采用改变与冲浆泵相连电动机的转数的方法，而电动机的转数是借有关的造纸机运行参数变化时发生的脉冲信号来调节的，直接传动冲浆泵的密闭式电动机与冲浆泵安装在同一块底板上。

冲浆泵需用功率的计算与其他离心浆一样，即用下式计算：

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{102 \eta} \quad (\text{kW}) \quad (3-3)$$

式中  $Q$  —— 扬量， $\text{m}^3/\text{s}$

$H$  —— 扬程， $\text{m}$

$\rho$  —— 纸浆的密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ，通常取  $\rho = 1000 \text{kg}/\text{m}^3$ 。

$\eta$  —— 泵的效率。 $\eta$  值与纸浆的扬量、浓度和泵的结构与尺寸有关，应用时可参考同类型水泵选取。

## （二）浆量调节阀

浆量调节阀是装设在造纸机流浆箱进浆总管前的主要阀门，它控制和调节送上造纸机的浆量，而这供浆量决定了造纸机抄造成的纸的定量。

在冲浆泵之前，调节经过配浆、筛选、除气的纸浆流量的阀门，在冲浆泵之后，调节经过白水稀释到上浆浓度，直接送到造纸机流浆箱去的纸浆流量的阀门，都叫做浆量调节阀。因流量大小不同，前者的规格较后者小得多。前者往往采用电控或液动或气动的闸门，并与流量指示和记录仪配合使用。后者多采用被称为球形阀或葱头阀的特殊阀门。下面简要介绍这种阀门。

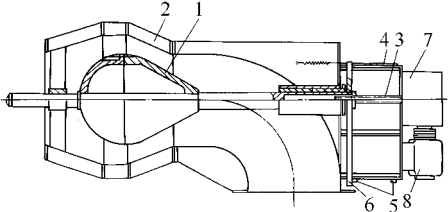


图 3-37 球形阀

- 1—阀芯 2—阀壳 3—螺杆 4—标尺
- 5—限位开关 6—限位开关拨叉
- 7—减速器 8—电动机

球形阀如图 3-37 所示。它的阀芯形似一个球或葱头。有时它也因阀芯像水滴或珍珠而被称为珍珠阀。

球形阀的工作原理如图可见，它应用丝杆螺母机构实现阀芯的轴向移动而达到调节阀壳与阀芯环

形流道面积大小之目的。螺杆是由电动机通过减速器带动作只旋转而不移动的运动。阀芯的两端极限位置由位置可调节的限位开关来控制。球形阀以进出口管径为规格，其规格系列可自 250mm 直至 600mm。阀壳、阀芯及阀杆等与纸浆接触的部位均采用不锈钢或其他抗蚀材料制成或精密地包覆，阀内各过渡点均用匀滑的圆角以防止挂浆。

球形阀被安装在向流浆箱供浆的并联输浆管路系统的主输浆管上。它的安装位置要考虑便于进行清洗。

## 第三节 流浆箱概述

### 一、纸浆上网对流浆箱的要求

流浆箱是造纸机上纸浆上网的装置。它与纸机前的纸浆流送系统相衔接,并通过其中的布浆装置、整流元件(如匀浆辊等)、堰池、堰板喷嘴等部件的作用,均匀一致、稳定地沿造纸机横幅全宽流送上网,为在造纸机网部纸页的成形创造良好的前期条件。

因此,纸浆上网对流浆箱提出如下要求:

(1) 沿着纸机的横幅全宽均匀地分布纸浆。要求上网的纸浆沿着纸机的横幅全宽形成一个横截面形状为矩形的纸浆流,并且沿着矩形横截面的全宽和全高各点的速度和湍动的分布是均匀一致的。上网的纸浆流必须是稳定的,没有扰动、横流和大的涡流。

(2) 有效的分散纤维,防止絮聚。要求上网的纸浆必须是均匀分散的纤维悬浮液,并且尽可能的保持纸浆流中的纤维无定向排列的现象。

(3) 按照工艺要求,保证浆速与网速相适应的协调关系,并且要便于控制和调节。

(4) 各流道要平滑,避免在流送过程中,纸浆可能发生的挂浆现象,并且便于清洗。

(5) 在结构上,应有足够的刚度,并在充分满足工艺要求的情况下,尽量做到结构简单、制作容易,操作、维修方便。

### 二、流浆箱的结构组成及其分类

#### (一) 流浆箱的基本组成

流浆箱由布浆器(纸浆的分布装置)、堰池(纸浆的整流装置)和堰板(上网装置)等三个主要部分组成。如图 3-38 所示。

布浆器把从一根浆管送来的纸浆均匀稳定地布到流浆箱全横幅方向上,匀整元件把浆流中可能有的流态缺陷和分散不均的纤维进行匀整,使之成为呈适当湍动状态的均匀浆流。箱体是各元件的支承与组合体,也发挥溢流、除沫作用。上网装置最后加速浆流使其达到上网要求的速度,并控制上网浆束的截面面积及控制浆束在网上的落浆点。

#### (二) 流浆箱的分类与命名

目前用于各种类型造纸机的流浆箱有多种形式,但是,迄今为止,造纸机流浆箱还没有一套较完善而确切地表达其结构特征和功能特征的分类和命名。但从它的三个组成部件来看,按流浆箱箱体内配置的主要匀整装置的形式与箱体基本形式相结合的分类方法是比较合适的。

按流浆箱箱体结构形式可把流浆箱归纳为敞开式、封闭式、满流式和满流气垫结合式等

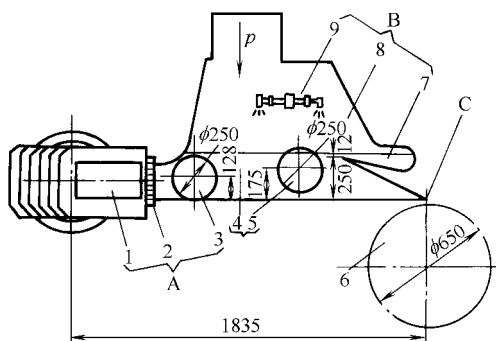


图 3-38 流浆箱基本组成

A—布浆器 B—堰池 C—堰板

1—方锥形总管 2—孔板(均布元件)

3—匀浆辊(布浆器的整流消能装置)

4—堰池 5—匀浆辊(整流元件)

6—胸辊 7—溢流槽 8—箱体 9—旋转喷水

四种基本类型。四种基本类型流浆箱的特点及适用范围见表 3-6。

表 3-6 各种流浆箱的形式、特点及适用范围

| 形 式              | 特 点   | 适 用 范 围   |
|------------------|---|---|
| 敞开式              | 用箱内浆位来控制上网纸浆的速度（浆速），通常通过调节箱内堰板的高度来控制  | 一般用于低、中速造纸机   |
| 封闭式（又分气垫式及真空抽气式） | 以压缩空气调节箱内纸浆面上方的空气压力（或抽真空减压）来调节上网纸浆的速度（即浆位不变，而变更空气垫压头，可以得到适当的纸浆压头）   | 1. 比较广泛的用于车速较高的造纸机<br>2. 也有用于一些中速的造纸机<br>3. 真空抽气式流浆箱一般用于车速较低的纸机 |
| 满流式              | 1. 纸浆流送过程中充满流浆箱<br>2. 用冲浆泵的输浆压力，高位箱的浆位或气垫稳浆箱的空气压力来调节上网纸浆的速度<br>3. 不能吸收纸浆的脉动，需要在进浆系统中设脉冲衰减装置（如气垫稳浆箱）<br>4. 特殊结构的满流式流浆箱可作为多层流浆箱 | 应用于夹网造纸机或车速较高的新型长网造纸机或圆网造纸机                                     |
| 满流气垫结合式          | 在一般满流式流浆箱的基础上，增设气垫稳定室和溢流装置，可以稳定箱内纸浆压力，消除脉动和排除泡沫   | 应用于夹网造纸机和车速较高的长网造纸机   |

考虑到流浆箱所配置的主要匀整装置的结构和功效是决定流浆箱功能的关键性部件，因此在流浆箱的命名中应表示出来，故往往在上述基本形式的基础上加上主要的匀整装置构成了具体流浆箱的全称。例如，敞开式流浆箱（或简称翻浆箱），敞开式孔辊流浆箱，敞开式敛尽流道流浆箱，气垫式孔辊（或片辊、棒辊等）流浆箱，气垫式管束流浆箱，气垫式孔板流浆箱，满流式孔辊（或片辊、棒辊等）流浆箱，满流式孔板（或管束）流浆箱等。

下面将分别介绍流浆箱各组成部分的结构、作用原理及相关的设计等问题。

## 第四节 流浆箱的布浆器

进浆总管和布浆器是流浆箱的第一个装置，是流浆箱的进出口，它与流浆箱前的辅助设备相衔接。

### 一、布浆器的作用与要求

流浆箱的布浆有二层含义，其一是展开浆流，其二是匀布浆流。据此可以理解布浆器的作用是将上网纸浆沿网全宽均匀地分布至流浆箱的堰池中。一个好的流浆箱必须有一个高效率的布浆器，使纸浆一进入纸机就能获得均匀的分布。为达到赋予布浆器的作用，可提出下列具体要求：

（1）进浆总管应是等压管，保证纸浆沿纸机全幅宽能形成稳定的等压分布。

（2）纸浆由总管转向经布浆元件各孔眼流至流浆箱堰池的过程中，各流股必须具有相同的压力损失，以确保纸浆均匀分布，且各流股对总管浆流的不稳定性不敏感。

(3) 不变形、不锈蚀、尺寸精确、内壁光滑不挂浆，易清洗；防止纤维束、尘埃、泡沫、空气聚集。

(4) 应设有压力调节与控制的装置。

## 二、布浆器的组成和形式

布浆器一般由总管和分布元件（包括相应的整流消能装置）所组成。

布浆器由初始的纵向进浆发展到横向进浆，现已趋于定型。图 3-39 至图 3-43 示意出布浆器发展的各种形式。表 3-7 列出了各种布浆器的结构、特征及应用情况。必须指出，矩形锥管布浆器已成为现今的定型装置。

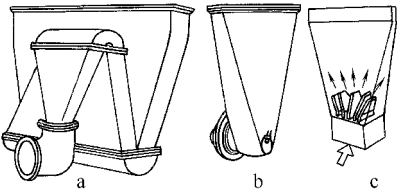


图 3-39 扩展流道布浆器

a—有折叠形流道的 b—直升单流道的  
c—带导流片的

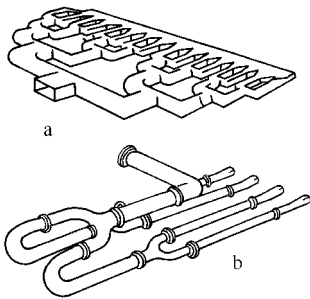


图 3-40 多重对分布浆器

a—短管 b—长管式

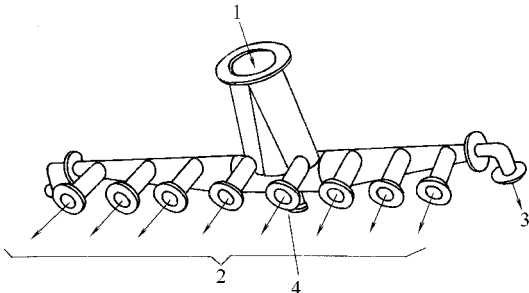


图 3-41 中间进浆的支管布浆器

1—进浆 2—至流浆箱 3—至网下白水井或冲浆泵前  
4—排放阀供清洗用

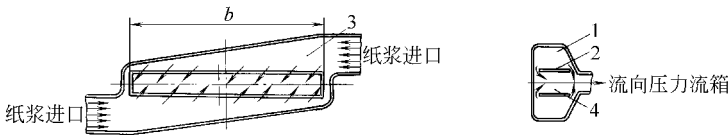


图 3-42 错流布浆器

1—两侧方向交错的流道 2—隔板  
3—两侧流道的收敛锥形截面 4—中间混合室

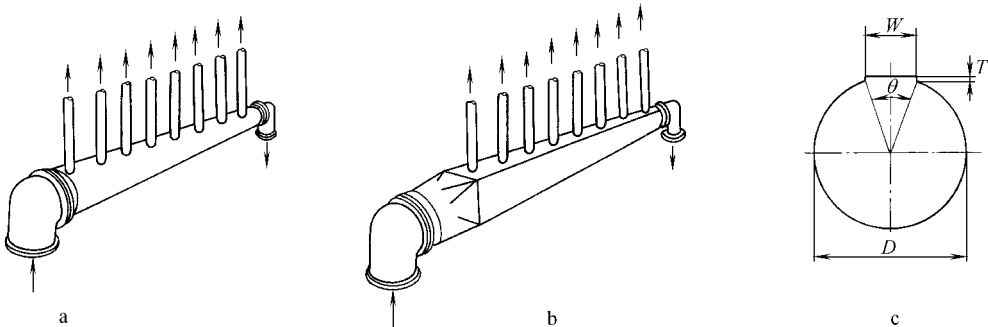


图 3-43 锥管布浆器

a—锥形管 b—矩形锥管 c—弓形锥管的截面

表 3-7

布浆器结构、特征及应用情况

| 名 称     | 结 构  | 特 征  | 应 用 情 况  |
|---------|--|--|--|
| 扩展流道布浆器 | 垂直于浆流方向的流道截面积逐渐扩大，从进浆口处相同于浆管直径的圆孔，扩大到相等于接近流浆箱处的矩形面积；在形状上的规律性是下小上大，有的沿流向的长度很长并形成折叠状。参见图 3-50A | 流道扩展过快（指流道的扩展角大于 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 时）会使浆流发生分离，在侧壁处发生涡漩。加长流道并不得不使之折叠是为了减小扩展角度，但增大了流阻与流向转折处的分离作用。在扩展角较大时可增设导流片，如图 3—50B | 在一些尚未改造的低速老式造纸机的开式流浆箱上仍有应用的实例，在圆网成形器的网槽进浆流道中也有应用 |
| 多重对分布浆器 | 用适当的三通管，使进浆管被对半地剖分流量并适当扩大流道面积，对分管又被对分，如此多重对分后达到与流浆箱宽度相接所需的截面积，结构较复杂，不易清洗                     | 理论上的对分流量不易实现，结果形成沿流浆箱横向上流量、流速不均匀   | 现已基本淘汰   |
| 多支管布浆器  | 进浆管接到总管中央部位而由总管上接出许多支管到流浆箱去。支管有中、小直径和长、短管等多种配置方案   | 沿横幅得到均匀的流量和流速不很容易，支管设计要经过试验改进以适应实际的流量  | 在少数中、窄幅门的造纸机流浆箱上仍有应用                             |
| 错流布浆器   | 进浆总管有两侧来浆的收敛流道，浆流过中间隔板的上下缝隙进入中间混合室混合后，靠压力向上流入流浆箱。参见图 3-53，侧流道在小端有回流口可以互通                     | 布浆的均匀程度较上述各种布浆器稍有改善，但也须经过实际流量的试验实测来修正流道尺寸才能取得较好效果。适应范围较窄   | 曾在一些中、高速，中宽幅的造纸机流浆箱上应用，但现已很少见到                   |
| 锥管布浆器   | 进浆管以变形变积接管接在横置的锥形进浆管的大端，锥管另一头有回流口，锥管的一侧经孔板、管束等与流浆箱相接，参见图 3-54。锥管截面形状以矩形者较多，也有弓形、圆形的          | 已有较多从研究实验而来的计算公式与方法，流浆箱内沿横向的流量流速分布均匀效果较好。流量适应范围相对较宽一些。可调控的参数或可修正的部件改动较为方便  | 现在矩形锥管布浆器已渐成为通用的定型的布浆器形式                         |

### 三、布 浆 器

#### （一）锥管布浆器的主要类型

锥管布浆器是目前被采用得最广泛的布浆器。锥管的截面形状可以是圆形、矩形或弓形（见图 3-43）。纸浆从锥管的大端进入，绝大多数情况下在小端有一部分纸浆回流到冲浆泵前，所以它往往被称为“单侧进浆布浆器”。锥管与它所附的支管或孔板都起布浆的作用，但对于展开浆流并使其沿造纸机横向尽可能均匀分布起主要作用的是锥管。

锥管布浆器的结构简单紧凑，并且由于在纸机上广泛应用的结果，发展了多种不同类型的结构形式。按其布浆元件的种类可以分为下列几种类型：

（1）支管式锥管布浆器 它的特点是有一列直径较小而紧密排列的支管，图 3-44 是这种类型布浆器的外形。

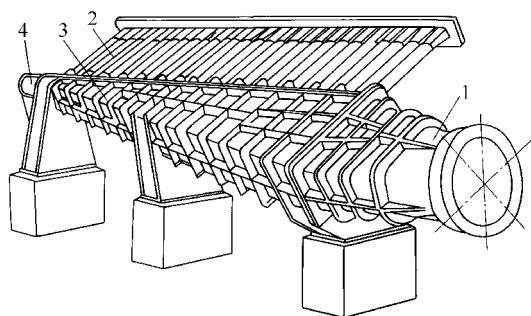


图 3-44 支管式锥形布浆器外形

1—过渡管 2—支管 3—锥管 4—回流装置

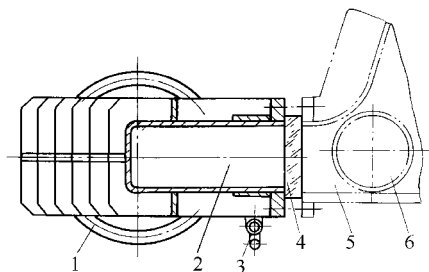


图 3-45 孔板式锥形布浆器

1—进浆管 2—锥管 3—铰链支点（便于清洗后的复装）

4—孔板 5—流浆箱的箱体 6—孔辊

(2) 孔板式锥管布浆器 这种布浆器的结构见图 3-45 和图 3-46，它的布浆元件通常是一个精确制造的有机玻璃的孔板。孔板具有更换方便，占用位置小，加工制造较容易，清洗简便等优点。所以，孔板式锥管布浆器应用日多。

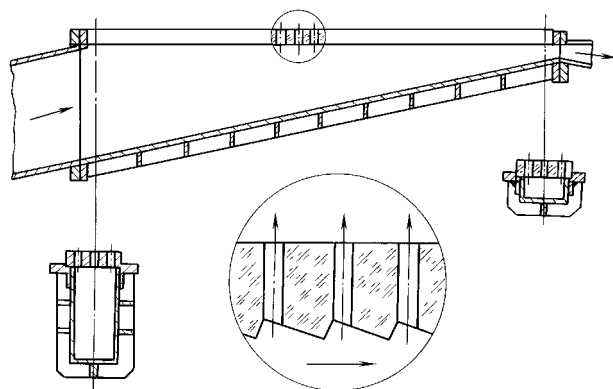


图 3-46 锥管和孔板的结构

(3) 管束式锥管布浆器 管束式布浆器有很高的布浆效能，多使用在满流式流浆箱上。其结构可参看图 3-47。这种管束可以看成是一种多列的支管或很厚的孔板。布浆管束具有很大的流阻，有利于浆流的均匀分布。通常的布浆管束具有较低的开孔面积。管径通常为 14~30mm。

布浆管束的进一步改进和发展，是采用阶梯扩散管束(图3-48)和变截面的扩散管束

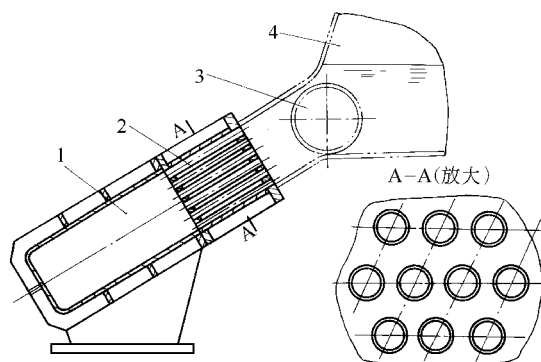


图 3-47 管束式锥形布浆器

1—布浆锥管 2—管束 3—孔辊 4—流浆箱的箱体

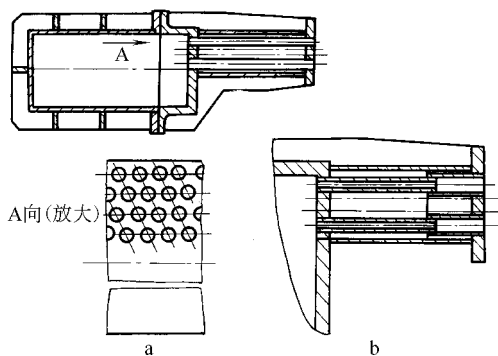


图 3-48 用阶梯扩散管束的锥形布浆器

a—简单的管束 b—阶梯扩散管束



(图 3-49)。这些管束不但有完成布浆的作用，而且也具有一定的整流功能。

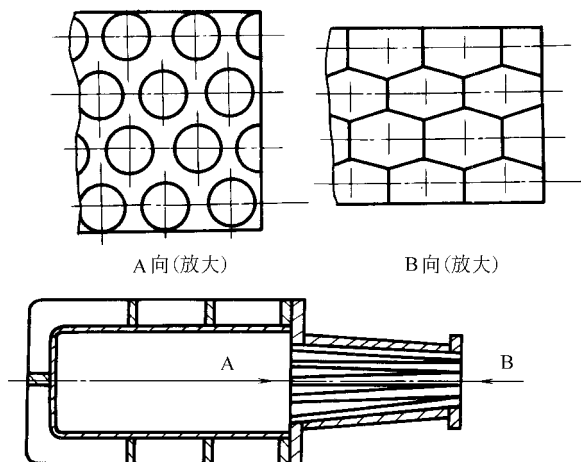


图 3-49 有变截面扩散管束的锥形布浆器

## (二) 锥管布浆器的组成

图 3-50 示出了一个典型的锥管布浆器。由图可见，锥管布浆器通常是由过渡管、锥形母管，布浆元件（支管、孔板、束管）和回流装置等主要部件所组成。下面分别叙述这些组件。

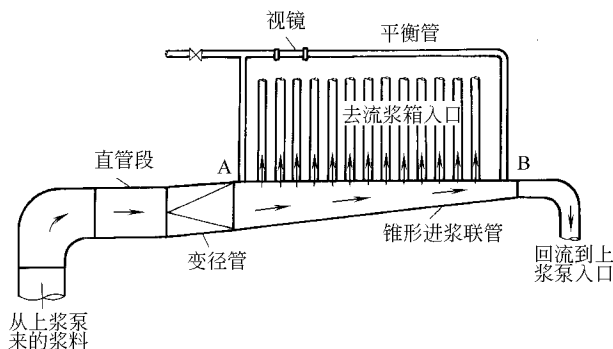


图 3-50 带小支管的锥形布浆器

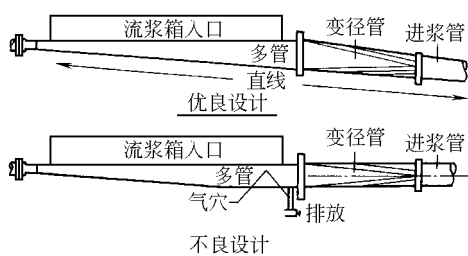


图 3-51 锥形布浆器的构形

### 1. 过渡管

锥管布浆器是侧向进浆的，锥管进口端附近需使用弯头，有时候还需装设闸门。浆流通过急剧的弯头或闸门等部件时，会产生不稳定的二次流或发生流体与管壁分离的现象。如果这种不稳定的流态尚未消失之前就进入了布浆器的锥形母管，势必影响浆流的分布效果。为了避免这种现象，除了较远地装设闸门和采用缓和弯头以外，可采用专门设计的较长的和变化缓和的由圆变方的过渡管段，使浆流在进入锥形母管之前是处于稳定的流动状态。此外，在设计矩形总管与进浆主管之间的过渡管段构形时，要严格遵守浆流平行于总管后壁进入的原则，如图 3-51 所示。

### 2. 锥管（母管）

现在最常用的锥管，是一个等宽单斜薄壁的锥形管道（参看图 3-46）。也就是说，锥管的截面为等宽的矩形，截面高度的变化是线性的，而锥管的底面管壁是一个倾斜的平面。锥管的管体是用 2~5mm 厚的不锈钢板制成，管表面焊有加强刚度防止变形的框架（参看图 3-44）。

锥管布浆器有几个主要的设计参数：锥管流速、矩形锥管进口端截面的高宽比或圆形锥管进口端直径、锥管小端回流率以及决定支管或孔板流出面积总和的加速比。

锥管布浆器的锥管内流速指锥管进口截面上的平均流速，通常在 1.3~4.5m/s 范围内，实际计算中多取 2.6~3.1m/s 的设计计算值。矩形锥管进口端截面（通常都是恒宽度）的高宽比通常选用 1.5~2（但也往往在设计中视具体情况而异）。锥管小端回流率指自锥管小端流回到冲浆泵前的浆量对比于锥管的浆量的百分率，这是一个在操作中可调节的参数。

锥管小端回流主要起两个方面的作用。一方面防止在锥管末端有死区或涡流，起自清洗作用防止浆团和空气的聚集，另一方面，提供了对锥管浆流进行调节和控制的手段，对锥管中浆流的静压头和动能的平衡进行控制。锥管小端溢流率通常取为 15% 以下，在设计时通常按 8%~10% 考虑。

### 3. 布浆元件

（1）布浆元件的作用和形式 布浆元件的作用是使纸浆沿着纸机的横向均匀地分布。布浆元件的种类很多，常用的有：多管、孔板、阶梯扩散管和管束等类型。在使用多管或孔板时，必须配备整流消能装置，以克服多管（或孔板）的多股浆流的不稳定性。而阶梯扩散管或管束等布浆元件，因同时具有整流和消能的功能，不需另配置整流和消能装置，并且能产生高强微湍动。在这里仅介绍多管和孔板，而阶梯扩散管留在匀整元件中再作介绍。

（2）多管 多管在结构上可分为圆形直管、异形管（进浆断面为圆形、出浆断面为矩形）和文丘里管。

圆形直管结构简单，使用广泛，它又有两种基本形式，一种直径较大（ $\phi 150\text{mm}$  左右），根数不多，支管的流速与总管的平均流速相差不大。另一种是支管直径较小（ $\phi 25 \sim 65\text{mm}$ ），根数较多。由于直管喷出的各股浆流的动能较大，在进入堰池以前，要求纸浆整流和消能，使浆流稳定后，再进入堰池，所使用的整流消能装置都比较复杂。如图 3-52 所示。异形多管结构较复杂，由于出口是矩形（通常是正方形），截面积较大，对浆流有减速作用，因而布浆较均匀，对整流消能装置的要求也比直管低，异形管可用于某些中高速纸机的流浆箱。

### 4. 孔板

实际使用中的孔板如图 3-53 所示。图中 a 所示的孔型中，孔的上游侧孔口有锥形扩口段，此段长度  $l_1$  约为孔径一倍半或接近孔板厚度一半，其锥角大约  $20^\circ \sim 40^\circ$ 。

孔板上的开孔面积决定于浆流流量和孔中的流速。孔板孔中的流速  $v_2$ ，通常取为 3.5~5.0m/s。决定孔的直径时要考虑：①为防止孔板下游浆流不易混合，往往取孔径较小而使排孔较密些；②不至于发生堵塞。通常在设计中取孔径  $d$  为 7~20mm，多数情况下采用 10~18mm。孔板的厚度  $T$  通常取  $T \geq 3d$ ，厚度一般都不小于 50mm，也有达到 100mm 的。

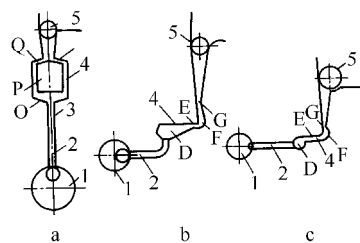


图 3-52 多管布浆元件配置的各种消能装置示意图

a—双冲击式 b—冲击与漩涡  
结合式 c—漩涡式

1—总管 2—支管 3—孔板  
4—整流消能装置 5—匀浆辊  
O—扩散部分 P—塞子  
Q—节流缝 D—第一扩散室  
E—第一节流缝 F—第二扩散室  
G—第二节流缝

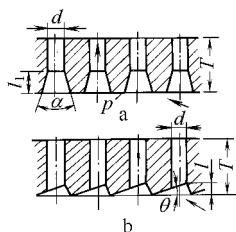


图 3-53 孔板

a—孔有锥形入口  
b—上游侧齿形斜面

孔板上的排孔形式多采用棋盘形排孔，也排成阵列形的。孔板材料多用有机玻璃制成。

由于孔板比较容易使纸浆减速。与多管相比，孔板的整流消能装置也比较简单，图 3-54 所示，①为用匀浆辊整流消能，②为采用导流片和消能棒整流与消能。

### (三) 锥管布浆器的锥管尺寸计算

锥管布浆器的基本要求是自每个支管或孔板中的孔中流向流浆箱的流量相等。这就要求：①沿锥管长度方向均匀分布的支管或孔都具有严格一致的尺寸和几何形状，压力损失相同；②锥管沿长度方向上的压力分布保持均匀相等。第一方面的要求可通过严格加工制造技术较易达到，这里我们将

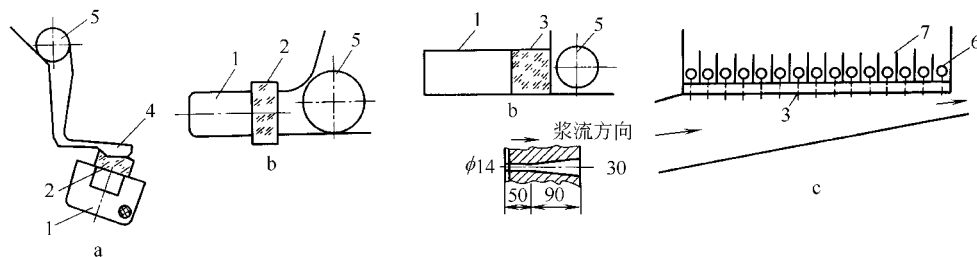


图 3-54 孔板布浆元件使用的几种整流消能装置示意图

a—孔板+接受室 b—孔板+孔辊 c—孔板+导流片和消能棒

1—方锥形总管 2—孔板 3—两段开孔孔板 4—接受室 5—匀浆辊（孔辊） 6—消能棒 7—导流片

不予讨论。第二方面，则要应用完善的流体动力学原理，正确地设计锥管截面尺寸来满足。

浆流在锥管中的压力分布受到三个主要因素的影响：压力恢复、摩擦损失和由孔口效应导致的压头损失。

当浆流在总管中有一部分流入支管时，如果总管的截面尺寸不变，按伯努利定理，在总管中，就会因为速度头的降低而导致静压头的升高。这就是所谓的压力恢复。很容易理解到，为达到总管中浆流静压头不变，总管应制成截面积渐渐缩小的锥管。但是，锥管截面积缩小的程度在理论上还应同时考虑摩擦损失和孔口效应（即流体自总管转向转入支管而分岔时所产生的特殊形式的摩擦损失）两项因素的影响（截面渐缩的收缩本身还有压头损失，但通常可略去不计）。

由于所有主要影响因素的影响而推导得出的锥管截面尺寸的计算公式比较复杂，比较难于计算，也不便于实际制造，故目前在生产上使用的锥管布浆器，特别是用孔板的矩形锥管布浆器的锥管截面尺寸是按拜纳斯（Baines）方程计算后再圆整成线性的截面变化率来制造的。

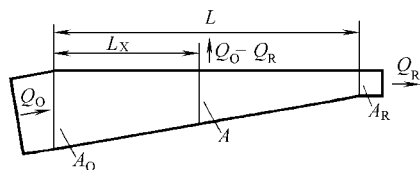


图 3-55 锥管计算图

拜纳斯方程是仅考虑摩擦损失，而不考虑分岔压头损失和收缩压头损失的基础导出的等压锥管设计公式。图 3-55 是锥管截面计算图。

拜纳斯公式形式如下：

$$\frac{A}{A_0} = K \cdot e^{\gamma} \quad (3-4)$$

其中

$$\gamma = \frac{f \cdot L_x}{8 \cdot R_s} \quad (3-5)$$

$$K = 1 - \frac{L_x}{L} (1 - \omega) \quad (3-6)$$

或

$$K = \omega + (1 - \omega) \frac{L - L_x}{L} \quad (3-7)$$

式中  $A$  ——在距离管进口端面  $x$  处的截面上的锥管截面积,  $\text{m}^2$

$A_0$  ——锥管进口截面的面积,  $\text{m}^2$

$K$  ——流量比, 距锥管进口端面  $x$  处的截面上的流量与锥管进口端流量之比

$L_x$  ——被考虑的截面距锥管进口端面的距离,  $\text{m}$

$L$  ——锥管全长, 指锥管向流浆箱箱体送浆的喷缝全长, 对有支管组时则为锥管进口端的第一支管前半管距处的截面与锥管回流端的最后支管以后半个管距处的截面之间的距离,  $\text{m}$

$\omega$  ——锥管小端的回流率, 以小数表示,

$$\omega = \frac{\text{锥管小端回流流量 } Q_R}{\text{进入锥管的流量 } Q_0} \quad (3-8)$$

$e$  ——自然对数的底

$f$  ——摩擦因数, 通常可取  $f = 0.015$

$R_s$  ——水力半径,  $\text{m}$ ,  $R_s = \frac{\text{湿润面积}}{\text{湿润周长}}$

对于圆形截面,

$$R_s = \frac{D}{4} \quad (3-9)$$

$D$  ——圆形截面的直径,  $\text{m}$

对于矩形截面,

$$R_s = \frac{B \cdot H}{2(B + H)} \quad (3-10)$$

式中  $B$  和  $H$  分别为矩形截面的宽和高,  $\text{m}$

必须指出, 按拜纳斯公式设计的矩形锥管后壁是抛物线形, 如图 3-56 曲线  $a-b-d-e$ 。

抛物线型后壁实际上是制造不出来的, 故一般都是按拜纳斯公式计算出最后一点, (如图  $e$  点), 然后用直线代替抛物线, 如图 3-56 中用直线  $a-e$  代替抛物线  $a-b-d-e$ , 以便于加工制造。这就是所谓的直线代替法。直线代替法会造成沿管长的浆流压头的变化, 对于宽幅造纸机, 这一变化幅度会更大。为了弥补这个不足, 可以采用多段折线来近似地代替抛物线, 分段加工锥管的后壁, 这样就能更好地趋近设计的要求。

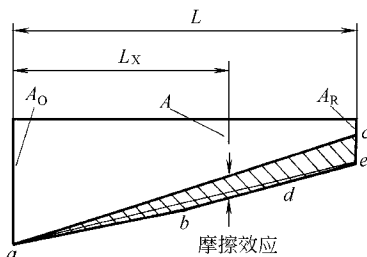


图 3-56 进浆总管的断面变化

## 第五节 堰池和匀整装置

### 一、概述

流浆箱的堰池是指流浆箱箱体 (提供容纳上网纸浆空间) 及其在其中形成的由布浆器到上浆装置之间的浆流通道 (箱体流道)。这是进浆后, 上浆前浆流被匀整、混合、稳定流态的流道。堰池的作用是根据造纸机车速的要求, 提供与网速相适应的静压头 (靠浆位高度或浆位与气垫压力形成), 并借助安置在其中的匀整元件 (如隔板、匀浆辊、孔板、阶梯扩散器、管束、导流片等) 对纸浆进行匀整并产生适当的湍动, 以分散纸浆中的纤维絮聚物, 稳

定浆流，保证上网纸浆均匀分布。堰池流道内浆流的深度应保持不变，避免浆流不稳定或产生二次流动。为了更好的稳定浆位，排除泡沫，堰池内常设有溢流装置，溢流量约 5%。溢流浆一般送到网下白水池。为了消除泡沫和清洗箱壁，堰池内都装有喷水管。为了提高喷水效果，最好采用水平旋转式或摇动式的喷水管。封闭式的流浆箱还装有视孔和照明装置。

## 二、箱 体

流浆箱箱体是使布浆、匀整、上浆三部分组件形成前后协调连接成一个体系的联接主体，也是流浆箱的主流道。

箱体本体由两侧壁、前后墙及底与盖的六面构成。布浆器及与其相连的匀整元件大都铰接地固定在后墙上，可以掀开清洗。而前墙基本上是以上装置的组成部件之一；有些流浆箱在前墙上有溢流堰以保持上浆浆位和消除泡沫，堰底位于前墙中部，用侧管引出溢流纸浆。

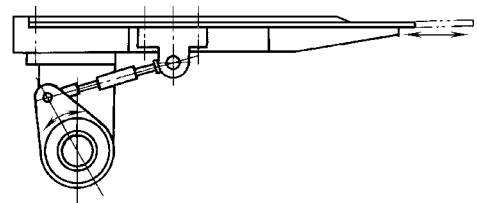


图 3-57 可调节的下唇板结构

上浆装置都装设在前墙下部，而其喷缝调节机构等都装设在前墙上。箱的侧壁上装有匀浆辊轴承壳或其他匀整元件框架以及视孔、液位标记孔等，而箱的顶盖上则装有照明灯，清洗装置等。围绕箱体都设有走台，以便观察与检视，走台支架都固定在箱体支座上。为了调节喷浆上网的落浆着网点和喷射角度，除了利用上浆装置的调节机构外，有的流浆箱有可伸缩性的下唇板装在箱底（如图 3-57 所示）。也有的是将箱体置于可上下、前后移动的支座上，如图 3-58。

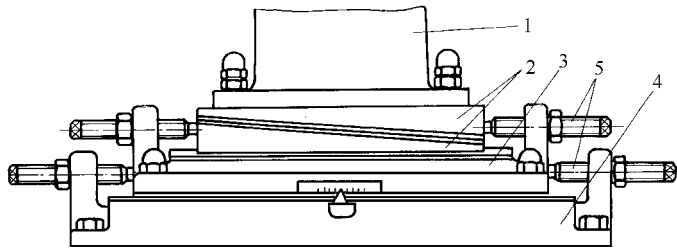


图 3-58 流浆箱箱架的双层底轨

1—流浆箱箱架 2—楔形滑块 3—滑块底座 4—底轨 5—不锈钢质螺杆

低速窄幅造纸机所用的翻浆箱或开启式流浆箱往往用木制箱体。气垫式、满流式流浆箱以及大型造纸机的开启式流浆箱都采用金属结构，箱壁一般用不锈钢或钢板内衬不锈钢制作，外加筋板以增强其刚度。新近有采用以玻璃纤维加强的工程塑料板材（玻纤塑料）制成的流浆箱壁，或甚至全箱体均以玻纤塑料制成。

箱体要有尽可能大的刚度，特别是底板与侧壁应防止变形和挠曲。上浆装置的下唇板往往与箱体底板形成密接的整体，箱底的挠曲变形将使下唇板不平直，这就破坏了上网浆流的均匀的理想断面，导致流速不匀和纸的定量分布不匀。箱底的挠曲变形也会使箱内孔辊与箱底的缝隙不匀而使匀整效果变坏。两侧箱壁的变形也会影响浆流边部的流态。为此，在采用包覆抗蚀层的结构时往往也采用铸铁箱底与侧壁以增强其刚度。

箱底的挠曲变形对于高速和宽幅的造纸机的影响更为突出。为此，在宽幅造纸机的流浆箱上除了在机械结构上设法加强箱底刚度之外，还要防止箱底由温度变化而引起的变形。有些宽幅造纸机把下唇板处的箱底设计成夹套的形式，通入与纸浆温度相同的水，进行同温补偿。

### 三、匀整装置

#### (一) 概述

匀整装置是配置在流浆箱本体中的主要部件。它的作用是把来自布浆器的浆流中的缺陷尽可能地消除掉,不均匀的流速分布得到匀布;使动能过大、流速过高的流股得到抑制;消除或抑制尺度过大的湍动和涡流,产生有利于防止纤维絮聚和促进纤维絮聚团束的解散的高强微湍动流型;消除送往上浆装置去的浆流中的横流等。为了达到上述的匀整要求而配置的匀整装置,根据其作用原理的不同,可粗略地分为下列几类:①改变流道的几何形状和尺寸,使浆流在减速、加速与转向过程中均匀混合并达到匀整要求;②匀整装置作为增加浆流流阻的组件,浆流通过这些组件过程中,其能量重新分布、转换,并在这一过程中完成对浆流的匀整要求;③给浆流引入合适的附加流动,以加强其匀整作用。

#### (二) 各种匀整装置简介

##### 1. 排栅、导流片

排栅是沿造纸机横向排成一排的、竖立在浆流中的立柱,它的剖面形状可以是圆形、花瓣形或水滴形,如图3-59所示。花瓣形或水滴形的排栅还制成可以在原位置上转动的,以便调节流过它的浆流的流速和方向。

在较新型的流浆箱中,排栅被装设在孔板之后用作为抑制过高的动能。排栅通常可使浆流流道截面缩小一半左右。排栅立柱的尺寸不宜过小,其直径通常为至少为20mm或以上。立柱表面要十分光滑。立柱通常采用耐蚀材料如有机玻璃、工程塑料或不锈钢等制成。

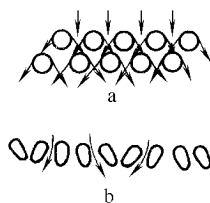


图 3-59 排栅

a—圆柱形排栅  
b—花瓣形排栅

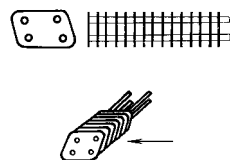


图 3-60 导流片组

导流片组是用许多平行薄片组成的一种格架,可视为一种片状的排栅(图3-60)。通常是先用与浆道轮廓形状相适应的薄片铆合成不太长的组件,然后并装到流浆箱所需的宽度。导流片的厚度通常为1~2mm,全部与浆接触的表面都应平滑光洁,所有转角都应是圆滑过渡的,以防止挂浆现象。

浆流通过由一系列薄片组成的狭窄浆道时,由于流体受到大面积摩擦,产生很强的剪切作用,足以使纸浆中的纤维均匀分散,同时也抑制了浆流中的横流和无规则的流动,从而完成对浆流的匀整作用。

导流片组在流速低的开启式流浆箱中往往仅作为抑制横流的一种措施而装设在喷浆口附近的流道中,它可以单独装设(图3-61a),但容易在成形网上的浆流中形成条纹(浆道)。导流片也可以和孔辊配合使用(图3-61b)。在速度较高的孔板式锥形布浆器流浆箱中,往往把导流片组与排栅结合使用。

装设在高速造纸机流浆箱中的挠性导流片组(整流“飘片”组)(如图3-62),按其功能,也可视为导流片组。它由一组柔性的塑料的膜片组成,装置在一块孔板之后,镶在各排孔之间的位置上。这种导流片组在全幅宽上把浆流分割成若干很薄的浆层,只是在离喷浆口不远的地方才汇合,然后上网。这种导流片组具有所谓同时收敛的性质,即导流片本身的截面是楔形的,且导流片间的流道也是楔形的,每片导流片悬臂地固定在孔板上,使薄端相对于厚而硬的上端是可挠的(浮动的),有利于保持浆流的稳定。楔形流道的进口端高度约

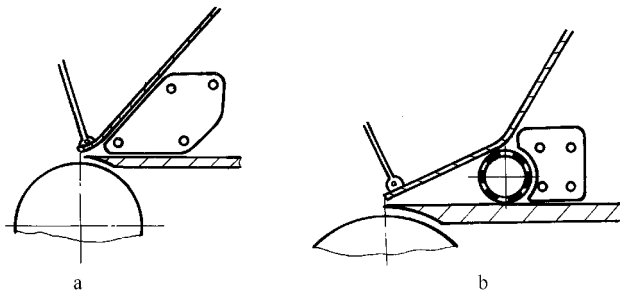


图 3-61 导流片组的应用  
a—单独地使用 b—配合孔辊使用

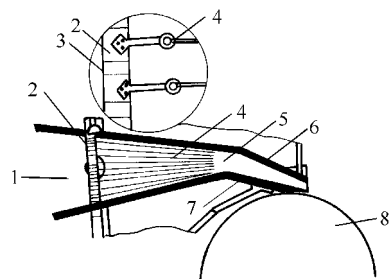


图 3-62 敛流式挠性导流片示意图

1—扩散区 2—多孔板 3—孔眼  
4—飘片（塑料薄片） 5—层流区  
6—上唇板 7—下唇板 8—胸辊

25.4mm，末端的高度（即膜片间的距离）只约 3.2mm。浆流通过这种狭小的收敛流道，会受到强烈的流体剪力的作用，可以得到均匀分散的纤维悬浮液。

## 2. 孔板

孔板作为锥管布浆器的布浆元件，在前面已介绍过。作为浆流的匀整装置，孔板很早就被采用。在浆流流速高的近代流浆箱中，孔板显得甚至比孔辊更为优越些。在加工制造、运行操纵和适应性等各个方面都比较灵活方便。如果流速及纸浆特性等条件适合，在匀整效果上，甚至比孔辊更为显著。所以，一些高速纸机的流浆箱中，仅采用一块孔板配以适当的导流片组和排栅，就构成了流浆箱全套匀整装置。

置于流道中的孔板是一种产生流阻的元件。把孔板置于速度分布不均匀的流道中，当浆流流经孔板时，由于受到阻力，流速减低，动压头转为静压头，同时，出现横向的压力坡度，使浆流束沿孔板散流。浆流速度越大，受到的阻力越大，生成的静压头也越大；相反，流速小，阻力也相应减小，产生的静压头也相应的小，因此，流速较大的浆流流过孔板后压力增加较大，浆流扩大而流速降低；流速小的浆流流过孔板后，压力相应较小，浆流被压缩而流速增加。如图 3-63 所示。

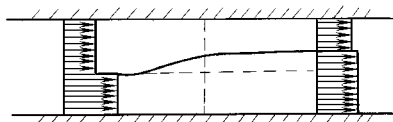


图 3-63 浆流在孔板前后散流示意图

这样，在孔板前速度较大的流束，通过孔板后，流速降低，而这个流束的断面有了扩大；相反，速度较小的流束通过孔板后，流束被压缩，断面变窄，流速增大。从而，在整个浆流通道断面上出现了流速的均匀分布，即达到速度均匀化。

## 3. 孔辊（匀浆辊）

孔辊是早先使用的匀整孔板的发展。迄今它还是最广泛采用的匀整装置。

孔辊是中空的薄壁辊筒，辊面上有按一定规律排列的孔。辊面有孔部分的长度相当于流浆箱本体或喉部的内净宽度。孔辊大都不用贯穿全辊的通轴，仅在两端以短轴段支承辊体。

### 1) 孔辊匀整浆流的水力学原理

浆流通过孔辊的流动可近似地看做通过两个孔板的流动。浆流在通过孔辊时首先是向辊中心流入，然后再由中心沿半径方向流动，如图 3-64 所示。浆流通过孔辊后，在两孔之间形成了强烈的小漩涡，使浆流处于微湍流状态，从而使浆流中纤维分散，避免了纤维的絮聚。

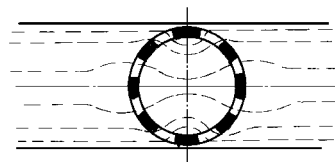


图 3-64 浆流通过孔辊的流线图

孔辊匀整浆流的水力学原理与孔板相同，但由于孔辊对浆流形成了上游侧的半个辊面和下游侧半个辊面的两个“筛”，对浆流的解絮作用更强。设计得当时，在孔辊下游侧两辊孔之间能形成强烈的微湍动，可使孔辊更符合匀整浆流的要求。但是，孔辊的转动会在浆流中产生波动的流型，这种流型要持续一段距离才会消失，这被称为孔辊的“波迹效应”（wake effect）。如孔辊的位置不适当，这种波会在消失之前随浆流上网，在成形网上的浆层自由表面上呈现出波迹，有波峰和波谷。应当使这种波动流型在浆流喷出闸口前消失。

2) 影响孔辊匀整性能的因素

① 孔辊的辊径：孔辊的辊径，根据造纸机的幅宽、造纸机的生产能力、通过浆料量和所设置的部位来确定，同时，也要适当的考虑孔辊的阻力损失。孔辊的辊径与开孔后的挠度有关，一般应保证挠度不超过 0.5mm 为好。对于幅宽不同的造纸机，常选用的孔辊直径的最小值列于表 3-8。

表 3-8 孔辊最小直径的参考值

|           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 网宽/mm     | <3600     | 3600~4600 | 4600~5100 |
| 孔辊最小直径/mm | 200       | 250       | 300       |
| 网宽/mm     | 5100~6100 | 6100~7300 |           |
| 孔辊最小直径/mm | 350       | 400       |           |

在其他条件相同时，辊径增大可使上述的孔辊下游浆面波迹消失所必需的距离缩短，有利于孔辊位置的布置，特别对靠近流浆箱闸口处的孔辊（通常称之为“闸辊”）是有利的。用于喉辊的孔辊直径与喉部流道扩展角有关。通常希望喉部流道的扩展角不要过大，多在 12°~30°的范围以内，在一定的扩展角下，孔辊直径大，会使流道长度变长。

在采用孔辊的流浆箱中，通常可能有 2~3 个孔辊，即除了闸辊和喉辊外还可能有一个中间位置的孔辊。有时为了制造上的方便，使这些孔辊都取用相同的直径。孔辊的直径在设计中应按所在流道的浆位高度或流道尺寸来选定。所以，选定孔辊之前，必须先计算流道尺寸或其中浆位高度。

可用下式计算流道尺寸或其中浆位高度。

$$H_i = \frac{q_{v,i}}{v_i \cdot b_i} \times 10^6 \quad (\text{mm}) \tag{3-11}$$

式中  $H_i$  —— 流道高度或浆位高度，mm

$q_{v,i}$  —— 该流道中最大浆流流量，m<sup>3</sup>/s

$v_i$  —— 该流道中的计算流速，m/s

$b_i$  —— 该流道的内净宽度，mm

在用上式计算时，可取  $b_i$  等于流浆箱上浆装置的喷浆闸口幅宽  $b_s$ 。上式中之最大流量  $q_{v,i}$  要考虑到造纸机在最高车速下的上网浆量或不同生产条件中上网浆量最大的情况，还要考虑到流浆箱结构中已给定的溢流浆量。上式中之流速  $v_i$ ，对于流浆箱箱体内的浆位高度计算可取为 0.3m/s 左右，对于孔板之后的流道的或敛展流道的装设孔辊的部位通常多取  $v_i = 0.45 \sim 0.6 \text{m/s}$ 。按式（3-21）算出流道高度或浆位高度后，为设置在该处的孔辊所选取的直径应略小于计算所得之值。

② 孔辊的孔径：孔辊上孔径的选定与孔辊的开孔率、所用的纸浆、浆流速度以及制造



条件等有关。通常孔径在 14~25mm 的范围内选用, 纸浆中含有长纤维时, 应取上述的最大孔径, 个别情况下甚至采用 30~38mm 的孔径。

③ 开孔率: 孔辊开孔率的定义是在辊面上开孔段的范围内, 开孔面积总和占辊面全面积的百分率。孔辊的开孔率通常在 30%~55% 范围之内, 视其作用及位置的不同而异。

开孔率是决定孔辊作用的一个重要参数。开孔率低时, 浆通过孔的流速较高, 浆流被搅得很细, 对浆流起的流阻作用就大, 产生的湍动强度也大。同时因其流阻大而有效地抑制了大涡流。开孔率低时, 孔辊的自清洗效应不良, 但挂浆少, 解絮作用较强而且保持下游不再发生絮聚的区段也较长。因此, 开孔率低的孔辊由于这些特性都用于喉辊的位置。开孔率低时, 孔辊在浆流表面产生的波迹尺寸大而且波迹持续得较久、延伸得较长。

开孔率大的孔辊具有较好的匀布流速的作用 (在开孔率为 50% 或以上时), 流速适当, 可使波迹迅速消失。因而对浆流的扰动较小, 下游浆流较平稳。但开孔率大, 则挂浆的倾向有所增加, 适当地提高浆流速度, 选用较大孔径并按照所用的纸浆特性通过实验来调节孔辊的转速可望有助于克服这种挂浆倾向。开孔率大的孔辊都用于闸辊位置处。

④ 孔辊的壁厚: 孔辊都采用薄壁结构, 壁厚应尽可能地厚些。虽然壁厚较薄时解絮作用稍好, 但孔辊壁厚较大有利于减小挠度, 保持孔辊有正确的圆形。通常采用不小于 3mm 的壁厚, 对于辊径大于 200mm 的孔辊, 视辊径大小采用 4~10mm 的壁厚。

⑤ 孔辊与箱壁或流道壁的间隙: 孔辊两端与箱侧壁或流道侧壁的间隙越小越好, 通常不应大于 3mm, 甚至有些结构使孔辊的辊面伸入侧壁上的圆孔之中。孔辊与流道壁的间隙以 3mm 左右为宜, 不应超过 5~6mm; 闸辊与箱体前墙的间隙应不大于 3mm。

孔辊圆周与箱壁或流道壁的间隙对孔辊中的浆流流型和流速分布有显著影响。如果间隙过大, 使大部分浆流因孔辊之流阻大而自间隙中通过, 则流过孔辊的浆流更会因流量小而流速低, 形成浆流的分离和流速分布的不匀, 而且, 在这种情况下, 由布浆器来的纸浆中的不规则流动或其他流动状态上的缺陷也会通过这过大的间隙越过孔辊, 使孔辊的匀整作用失效。

文献介绍了计算孔辊所导致的浆面波迹的延伸距离 (或称为孔辊的波迹效应距离)  $l_w$  的计算公式, 其含义是: 孔辊所导致的浆面波迹在距孔辊下游侧辊面  $l_w$  距离处才能完全消失。

$$l_w = \frac{K \cdot v^{3/4} \cdot d^{1/4}}{D^{1/4}} \quad (\text{mm}) \quad (3-12)$$

式中  $v$  —— 浆流流过辊孔时的流速, mm/s

$d$  —— 孔径, mm

$D$  —— 辊径, mm

$K$  —— 系数, 与孔径和开孔率有关。

⑥ 孔辊的位置尺寸: 孔辊位置尺寸中最关键的一个参数是闸辊下游侧圆周距闸口唇板前缘的距离  $l$ 。这个距离  $l$  是关系到孔辊的波迹效应所导致的浆面波纹是否会在喷浆闸口以外的自由浆面上出现的一个重要参数。

据文献介绍, 当  $l_w/l$  之值在 1.6 以下时, 闸口处浆面的波迹还不太显著。如  $l_w/l > 1.6$  时, 则波迹将显著出现。当然,  $l_w/l < 1$  是理想的情况。

有些资料也介绍了选用  $l$  值的经验数据如下:

$$l = 20d \quad (3-13)$$

式中  $d$ ——闸辊上的孔径；mm

⑦ 孔辊的转速和转向：孔辊转速高时，辊内易形成涡流，使浆流发生较大扰动，流速分布的均匀性也受影响，但对无规则流动的混合效果却加强了。另一方面，孔辊转速较高使解絮作用加强，但由舀浆机理导致的挂浆现象变得显著。对于闸辊，希望不要转得太快，以免过大的扰动浆流，这样也可减少舀浆现象，减少由此而致的纤维束随浆流上网。最好为孔辊配设可正反转并可调速的传动，以便按具体情况进行调节。一般情况下，可取孔辊能具有  $0.15 \sim 0.2 \text{ m/s}$  的圆周速度作为传动设计参数，并使其转速能在此值上下调节。

孔辊的转向通常是使辊的近箱底的一侧（对闸辊而言）对浆流方向作逆向运动，这种转向比顺浆流方向转动时较好。当孔辊底部顺浆流方向转动时，舀浆所致的纤维团束会不断地释放入浆流底层中。当配用两个闸辊时，可按上述原则确定在下方的孔辊的转向，而在上方的孔辊的转向则应与下辊相反。当中间位置处用两个孔辊时亦同。

⑧ 实际应用中孔辊的有关参数：如图 3-65 所示为一个有 5 个孔辊的气垫式孔辊流浆箱的示意图。按图中所示的孔辊代号，把它们的有关参数列在表 3-9 中供参考。

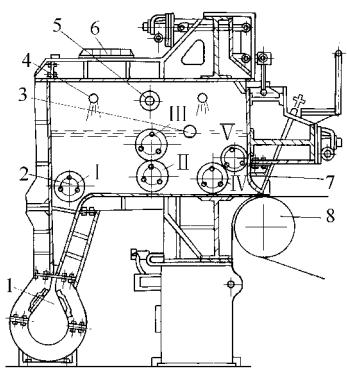


图 3-65 气垫式孔辊流浆箱示意图

1—浆流分布装置 2—孔辊（共五个）  
3—排气孔 4—喷雾器 5—压缩空气入口  
6—人孔 7—上浆装置 8—胸辊

表 3-9 孔辊的有关参数

| 孔辊在图 3-65 中的代号       | I     | II    | III | IV    | V |
|----------------------|-------|-------|-----|-------|---|
| 开孔率/%                | 30~35 | 40~45 |     | 42~55 |   |
| 孔径/mm                | 16~30 | 20~25 |     | 16~25 |   |
| 孔辊速/(r/min)          | 15~20 | 10~15 |     | 6~15  |   |
| 孔辊转向，以图中 I 号孔辊的转向为正向 | 正     | 正     | 反   | 正     | 反 |

3) 孔辊的结构和计算

① 孔辊的结构：孔辊的结构是简单的，但对制造的精度要求甚高。孔辊可以用管材直接加工、钻孔来制成，也可以用板材经钻或冲孔并孔缘倒角后弯卷焊接而成。用管材制造时对内壁孔缘的倒角比较麻烦，用板材弯卷时则一般地径向振摆较大。孔辊的材料应具有抗蚀性能，材质为不锈钢或铜。不锈钢具有较高强度，使孔辊在相同的辊经和壁厚下的挠度可以小些，或可以采用较薄的壁厚而得到较轻的辊重，故通常多采用不锈钢。孔辊的内外壁面都要求十分平滑，有很高的光洁度，以减少挂浆的机会。辊面上的孔在内外壁面处的楞边都要倒成圆角，倒角半径取为  $0.5 \sim 0.75 \text{ mm}$ 。倒角半径过大会使孔间辊面实体段的宽度相对减小，在开孔率较高时更增加了搭浆的机会。辊孔楞边倒圆要用特制的成形铰刀来进行精加工使孔壁和孔缘达到上述光洁度的要求。

孔辊结构中一个必须考虑的问题是两端轴头的结构。如图 3-66 的结构，孔辊两端的轴段各由箱体以外的两个轴支承，则伸入辊筒内的轴段大为缩短，其边上的浆流的流态就好得多。图 3-67 所示的则为辊面延伸到箱壁以外的孔辊，这样就完全避免了边流扰动问题。它的主要要求是密封要保持好，否则辊端处就有积浆问题。

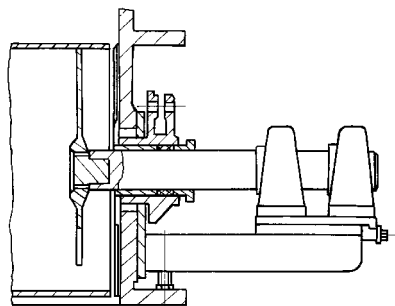


图 3-66 改进的孔辊端部结构

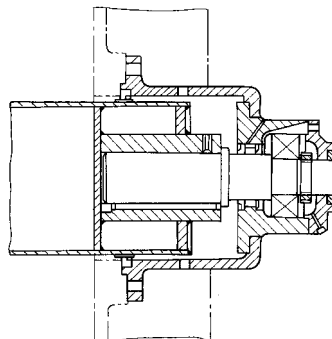


图 3-67 伸出箱壁的孔辊辊面

② 辊面排孔：孔辊辊面上的孔数  $n$  为：

$$n = \frac{\lambda \cdot \pi D \cdot b}{\frac{\pi d^2}{4}} = 4 \cdot \lambda \cdot D \cdot b / d^2 \quad (3-14)$$

式中  $\lambda$  —— 开孔率，%

$D$  —— 孔辊辊径（外径），mm

$b$  —— 孔辊辊面钻孔段宽度，mm

$d$  —— 孔径，mm

选定开孔率和孔径后，就要确定在辊面上的排孔形式。辊面上排孔形式通常有三种：a 棋盘形排孔，如图 3-68 所示；b 单螺旋线排孔，如图 3-69 所示；c 双螺旋线排孔，如图 3-70 所示。

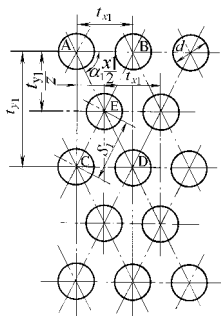


图 3-68 棋盘形排孔

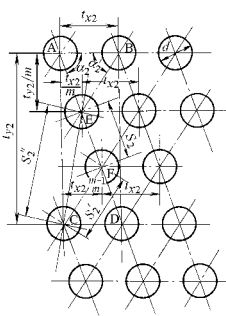


图 3-69 单螺旋线排孔

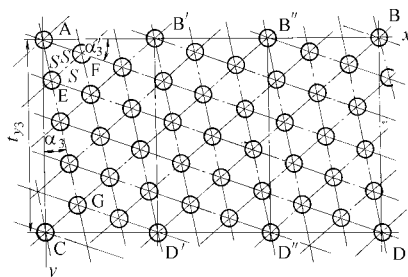


图 3-70 双螺旋线排孔

③ 孔辊的传动需用功率：传动孔辊所需用的功率可按每平方米辊面面积  $0.1 \sim 0.3 \text{ kW}$  来大致地计算。浆流浓度较高，孔辊壁厚较大，直径较小，开孔率较小时可取较大值。

#### 4) 带导流片的孔辊、棒辊

有时在孔辊中设置导流片，借以抑制过大的湍动和横流。孔辊中的导流片随辊转动，且处于孔辊中收敛与扩散浆流的作用之下，所以它在保持清洗方面比静止的导流片好得多。图 3-71 表示的就为一个有通轴的带导流片的孔辊。由孔辊发展而成的还有棒辊、片辊等匀整元件，如图 3-72、图 3-73 所示。

#### 4. 管束

管束（图 3-74）可视作为特殊孔板，亦即以成组的管子排列成有规律的管束来连接上下游的元件。

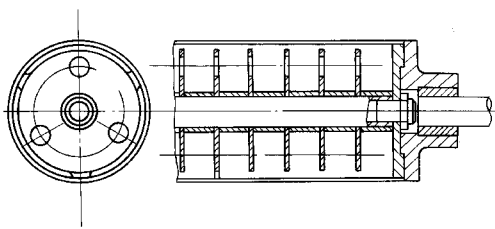


图 3-71 带导流片的孔辊

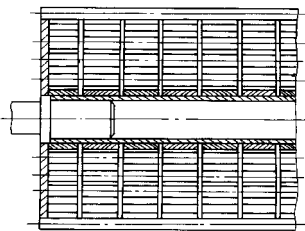


图 3-72 棒辊

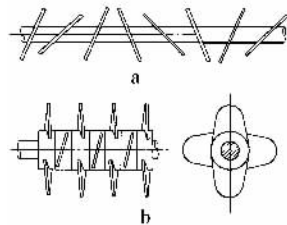


图 3-73 片辊

管束的使用有两种方式。一种是设置在布浆器之后，它就是锥管布浆器的多排支管组。另一种方式是设置在上浆装置闸口收敛流道之前，使浆流上网前具有较佳的湍流状态。立式夹网造纸机的流浆箱内的整流管束（图 3-75）是应用这种整流装置的一个例子。管束的进口端常有孔辊配合使用，主要目的是保持管束端部的清洁，不挂浆和堵塞。其次，孔辊可以在箱体内造成适度的扰动，避免纤维的严重絮聚现象。图 3-75 所示的整流管束用在一台抄宽 4.3m，抄速 600m/min 的立式夹网造纸机上。孔辊外径是 380mm，开孔率为 45%。整流管束是由 1904 条内径为 14mm 的小管子组成。管子长度约 254mm，开孔率为 44.4%。

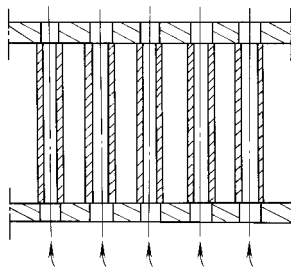


图 3-74 管束

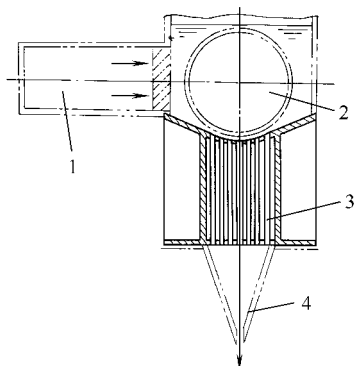


图 3-75 整流管束的应用

- 1—锥形布浆器 2—孔辊  
3—整流管束 4—上浆装置

管束的匀整机理是使浆流通过较小的管径和较大的管壁摩擦面积、较长的摩擦时间而产生小尺度的湍动和较大的摩擦阻来起匀整浆流的作用。而且，由于浆流被分为细小而平行的小股流，就消除了浆流中的错流、偏流、横流和大涡流。

控制好管束中管子内的浆流速度，使浆流处于完全湍流的状态是使用好管束，使它更好地发挥匀整浆流作用的关键。在目前的计算中，一般都把流浆箱中的浆流作为水流来考虑，用雷诺数判断的方法来判断浆流在管内是否处于湍流状态。为了使管束中小管的浆流处于湍流状态，应使雷诺数  $R_e > 3000$ ，如  $R_e$  在  $10^5$  以上，管内浆流就完全处于湍流状态了。如用于敛唇式上浆装置之前的整流管束，管子内径为 14mm，管长为管径的 20~30 倍，管内计算流速为 1.2~1.5m/s，管的

的截面积之和为上游流道的 40%~50%。

蜂窝形管束是普通整流管束发展的结果。它是由一束截面由圆形逐渐变为六角形（或五角形）的管子所组成（见图 3-76）。每根管子都以  $3^\circ$  的扩展角沿浆流方向扩展，到距离出口端约为 10 倍管径的距离处开始转变过渡成为如图中之 a 所示的六角形（或五角形）的形状并相互拼拢，使出口端处管束的管口截面积之和几乎等于该处之流道截面积。浆流由这种管束匀整装置中经过一次不大的扩展之后流出来在流道中受到收敛加速。浆流在扩展管束中产生的小尺度湍动被收敛流道所保持并匀布。

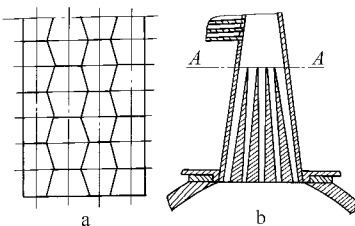


图 3-76 蜂窝管束系统

- a—管束出口端截面 b—管束剖面

扩展管束型的匀整装置还在继续发展之中。它们的共同特点是：①取代了孔辊，消除

了流送部分中要传动的匀整元件，使结构简化；②流道短，质量较轻，清洗较方便；③适应性好，据称其流速变化范围可达 1:5 甚至 1:10；④浆流的状态比较理想，具有高强度的微湍动，而大尺度湍动则被较好地抑制掉；⑤流速分布情况良好，全幅宽上以及沿高度方向上的流速分布都较均匀；⑥使流浆箱体形减小。

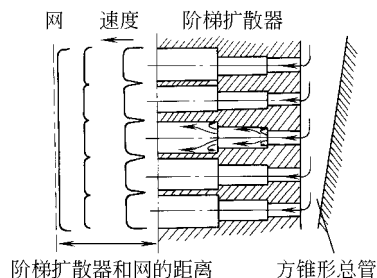


图 3-77 阶梯扩散器工作原理

### 5. 阶梯扩散器

阶梯扩散器（见图 3-77）也是一种特殊的孔板，沿其轴线方向孔径成台阶状递增，孔中每一段流道末都为突扩截面。

用于造纸机流浆箱中的阶梯扩散器是一种性能优良的匀整元件，它具有下列特征：

- (1) 比其他匀整元件更能使浆流沿纸机幅宽均匀分布。
- (2) 产生微湍流以分散纤维的网络和絮聚团，为纸幅成形提供有利条件。
- (3) 可不用再设置其他的匀整元件，并省去其他不必要的部件，使流浆箱结构简单。

浆流每经一次截面突扩处都要引起一次剧烈的湍动混合交换并产生与该处台阶尺寸相应的涡流如图 3-78 所示，由于台阶尺寸比较小，所产生的涡流也将是小尺度的涡流，小涡流和管中主浆流的激烈混合，就产生湍动强度高和湍动度小的湍动。直到阶梯扩散器的最后一段孔之后，浆流已具有充分强而尺度符合设计结构的微湍动，并在距孔口某一距离处达到沿流道全高和沿流浆箱横向全幅流速均匀分布的状态。

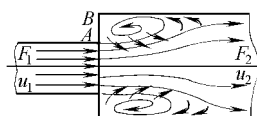


图 3-78 流体通过突扩管形成涡流

在阶梯扩散器的设计中应注意以下几点：

#### 1) 浆流速度要控制好

只有适当高的流速才能为产生高强微湍动提供足够的能量。要求阶梯扩散器的每一管段的雷诺数  $R_e$  都保持在  $1 \times 10^5$  左右。凡是能使浆流的  $R_e$  值在这个数值左右的流速就是理想的流速。据一些设计实例中所采用的数据，阶梯扩散器第一段孔中的计算流速多取为 3.5~4.5m/s 左右，这也就是相当于计算流量的流速。对于设计中所考虑的最大流量，第一段孔中的最大流速一般都不超过 5.5~5.8m/s。

#### 2) 严格的几何尺寸

影响阶梯扩散器性能的主要几何参数是：孔的直径、孔的面积比、孔的级数和形状、孔的长径比等。孔径多在 10~20mm 之间，常取 12~15mm。一级孔设计原则与孔板设计相同。

一级孔径确定后，可按选定的合适的相邻两段管的横截面积比来计算确定后几段的管径。以  $N$  表示相邻两段管的横截面积比，则  $N$  值的大小表示了阶梯管扩散程度。设第一段管的横截面积为  $A_1$ ，第  $n$  段为  $A_n$ ，则  $N = \frac{A_n}{A_{n-1}}$ 。如对于两台阶三段的阶梯扩散小管，则

$$N_{(2)} = \frac{A_3}{A_2} \text{ 及 } N_{(1)} = \frac{A_2}{A_1} \text{。推荐 } N=2 \sim 4, \text{ 级数为 } 2 \sim 3 \text{。}$$

孔的形状：前面几级孔都采用圆形断面。圆孔便于加工不易变形。最后一级孔的断面形状可以采用圆形、正方形和正六边形等。对多层排孔可采用正六边形，对单排和双排孔以正方形孔较为理想。

长径比：阶梯扩散器每一段长度与这一段的直径之比称之为长径比。各段小孔的长径比对浆流的状态有重要的影响。长度若过短，则流速分布不均匀，由前一段孔中喷出的主浆流成为高速浆股在浆流中不能与周围的浆流混合。这对于最后一段孔更为重要。若孔段长度过长，则孔段的孔壁摩擦损失增大，这使临近孔口的孔壁处流速降低，也影响了浆流的均匀分布和使前一段台阶产生的湍动较快地衰减。资料介绍实验的结果是孔段长径比应在  $3\sim 7$  之间， $l/d$  有 4.5 的最佳值。当最后一段孔横截面用正方形或其他正多边形，长径比中的直径就是该横截面的当量直径。

浆流出阶梯扩散器后，浆流的流速达到匀布时与阶梯扩散器出口端面的距离应经过实验来测取。通常就在这一距离处设置敛唇式上浆装置。一般可取这一距离等于  $20d_k$ ，此处  $d_k$  为阶梯扩散器最后一段孔的孔径。

### 3) 材料的性能和加工精度

为确保设计数据的实现，阶梯扩散器材料的选择和加工精度要求十分严格。材料应具有足够的刚性，防止变形。据国内的经验，用有机玻璃制造阶梯扩散器效果良好，它具有加工精度高，内壁光滑不锈蚀、不易挂浆、强度好、尺寸稳定、耐磨性和防水性好等特点。

## 第六节 上浆装置（堰板）

### 一、概 述

上浆装置主要作用，是把在流送部分经过匀整的浆流，按照造纸机的纸幅成形所需的流速和方向，并在正确的位置上，均匀而稳定地喷布到成形网面上，以期获得良好组织的纸幅。

随着现代造纸机车速的提高，纸浆在成形网上的停留时间越来越短，上网浆流中的缺陷就越来越敏感地反映到纸幅组织中。在现代化的高速纸机上，尤其是在夹网类型的造纸机上，对上网浆流匀布的要求就十分严格。对浆流上网装置的要求，概括起来有下列几点：

(1) 为了使上网浆流具有造纸机所需要的流速并保持稳定，应设置浆流压头（如流浆箱内浆位的高度，气垫的压力）的调节和控制系统。

(2) 唇板的开口高度在全幅宽上应能作整体调节，用以控制上网的流量；同时，开口高度应有局部细微调节机构，用以补偿浆流的某些小的差异，使上网浆流在幅宽上趋一致。

(3) 控制和调节唇板喷出浆流的方向和着网时的位置（喷射角和着网点）。为此目的，某些结构流浆箱的箱体是装设在可调的支承和铰链式的连接上，可以使箱体作整体的前后平移，并能作适当的倾斜移动；某些流浆箱则是依靠唇板的结构本身来完成这种调节作用；有时候是综合使用箱体和唇板来实现这种调节。

(4) 由于浆流在喷口区有很大的加速度甚至发生陡缩的情况，唇板的结构形式应有利于形成合理的形状和强度的流体剪力场，用以促进浆中纤维的分散，并使纤维不发生定向排列的现象。

(5) 唇板的缘口应光滑平直。锐利的刀口有助于控制喷出浆流的轨迹，刀口有圆角时，会使浆流“飘动”，呈现不稳定的状态。唇板上有微小的凹凸不平、机械损伤或附着物时，都会敏锐地反映到喷出的浆流上，使浆流中呈现不正常的流动状态。

上浆装置的作业方式可区分为压力成形和速度成形两种，见图 3-79。所谓压力成形方

式是指使输出的浆流所具有的动能立即在成形网上泄水时转化成为泄水压力，而上浆装置输出的浆流的动能只是使它能到达网上或与成形网形成一定的速差，则称为速度成形。实际

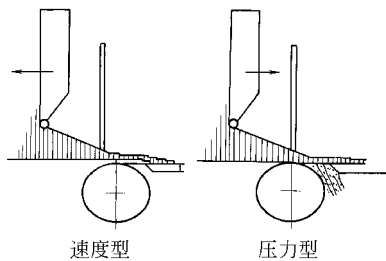


图 3-79 速度成形与压力成形比较

生产上不存在全压力成形或全速度成形方式，都是介于两种成形方式之间，但由于上浆装置的结构特征而接近于压力成形或接近于速度成形。

无基网夹网成形器，传统的和改进的网槽式圆网成形器和大多数网辊式圆网成形器所用的都是压力成形方式，长网成形器和有基网夹网成形器的成形方式可按要求以调节上浆装置来实现。

## 二、唇板的形式、结构和性能

### （一）倾斜式（收敛式）唇板

倾斜式唇板是最常见的一种上浆装置。图 3-80 是一台中速新闻纸机流浆箱的唇板部分结构的示意图。上唇板由铰链固定，通过相应的提升机构，可以使上唇板沿铰链中心转动，由此实现唇板开口高度的整体调节。唇板的局部调节机构通常是一排相距约 100~125mm 的调节螺杆。适当地调节螺杆的高低位置时，可以使螺杆末端上唇板处发生局部的弹性变形，从而实现唇口开口高度的局部微调。

上唇板和下唇板的前后相对位置，通常亦可作一定的调整。一般是固定下唇板而调节上唇板的前后位置（图 3-80 所示结构是采用在上唇板后端加入适当厚度垫板的方法），只是在个别情况下，下唇板才具有可以作前后平移的机构（参见图 3-57）。

倾斜式唇板的特点是：浆流在平滑的浆道中逐渐收缩，稳定地加速到所需流速；喷出浆

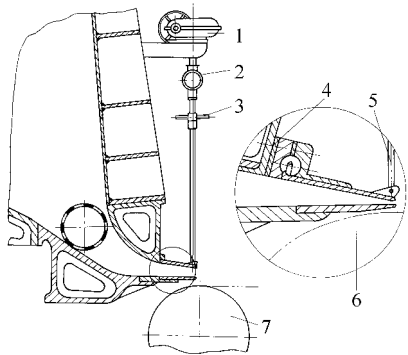


图 3-80 倾斜式唇板

- 1—上唇整体提升机构 2—横杆
- 3—上唇板局部调节手轮 4—垫板
- 5—微细调节螺杆 6—下唇板 7—胸辊

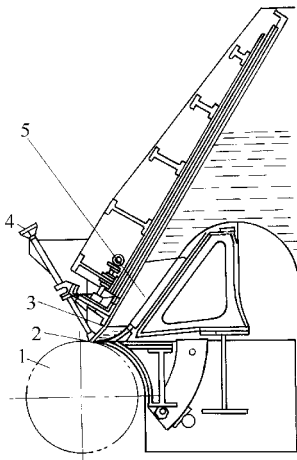


图 3-81 带驼峰的敛唇式上浆装置

- 1—胸辊 2—下唇板 3—上唇板
- 4—局部调节机构 5—导流板

流比较稳定，较易控制其轨迹。但是在上唇板和流浆箱前墙的连接处有流道的陡变，造成浆流的陡折和不连续性，易于形成涡漩和絮聚。

图 3-81 所示是带驼峰的敛唇式上浆装置。其倾斜的前墙结构具有一段延伸出来的挠性的曲线形唇板，使前墙与上唇板基本上成为连续的整体。其箱底驼峰也与下唇板连成一体，下唇板还可调位。这种唇板具有较为平滑的过渡流道，能抑制上述涡流的产生。

### (二) 垂直式唇板

图 3-82 是一种垂直式唇板的示意图。这种类型唇板的结构比较简单，刚度好，易于制造，适用于各种抄速的造纸机。垂直式上唇板的局部调节是在唇板的刚度最大的方向上，容易引起永久变形，需要较经常的更换。

垂直式唇板应用在高速造机上时，发现浆流通过唇口发生陡然的加速时，会形成强烈的微湍动，有利于浆流中絮聚的纤维的分散和纸页的成形。但也存在容易挂浆，喷出的浆流着网点较近，造成上网初期剧烈脱水，从而影响纸页匀度等问题。

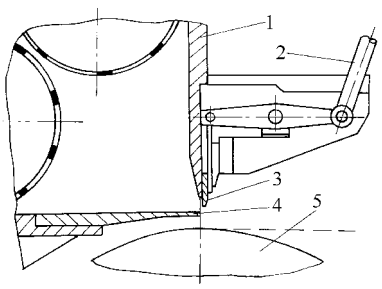


图 3-82 垂直式唇板示意图

- 1—流浆箱前墙 2—调节螺杆  
3—上唇板 4—下唇板 5—胸辊

### (三) 结合式唇板

结合式唇板是在倾斜式唇板的上唇板末端加上一条小的直立小唇板而形成的上浆装置（如图 3-83）。如果直立小唇板凸出部位不大（通常为 5~7mm），不会产生挂浆现象。

图 3-83 所示结构的上唇板，可以在进行开口高度调节的同时，还能相对下唇板作前后的平移调节，从而有可能适度地控制上网浆流的方向和位置，得到所谓压力成形或速度成形的上浆情况。

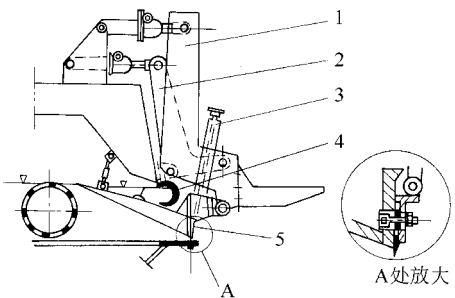


图 3-83 结合式唇板

- 1—上唇板水平移动调节杠杆  
2—上唇板垂直移动调节杠杆 3—唇板微调机构  
4—橡胶软管 5—上唇板

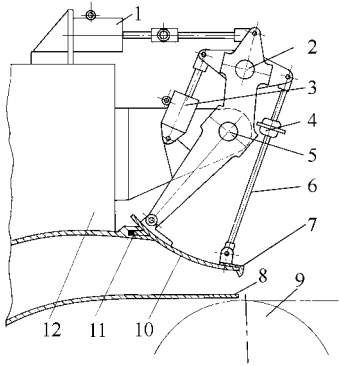


图 3-84 喷嘴式唇板

- 1—上唇板前后调位机构 2—铰链连接  
3—唇板开口整体调节机构 4—唇板微调手轮 5—固定支点 6—拉杆  
7—直立唇缘 8—下唇板 9—胸辊  
10—上唇板 11—密封条 12—箱体

### (四) 喷嘴式唇板

喷嘴式唇板多使用在满流式流送装置上。图 3-84 表示其中一种结构的原理图。由上唇板和下唇板构成的收敛流道，是整个流浆箱的较狭的箱体的自然延伸，浆流没有陡然的变化，浆流上网稳定。图中所示的上唇板具有调节位移的机构，可以简化箱体的支承结构。



## 第七节 流浆箱结构举例

在造纸机的发展过程中，在相当长的一个时期内，主要是凭实践积累的经验来设计和选用流浆箱的结构形式。所以现存流浆箱的结构形式是极其多种多样的，各有自己的特点和用途，不易简单地概括或归纳为几种典型的结构。

约在 20 世纪 50 年代末期以来，由于造纸机抄速的增加和对纸的质量要求的提高，才开始认真注意和研究高速造纸机的纸浆流送理论，结果很快地推动了流浆箱结构的发展和改进。一般地说，流浆箱发展中的大体趋向是采用单侧进浆的锥管布浆器，采用静止的匀整元件，如各种形式的孔板、管束与导流片组；采用带有直立唇缘的倾斜式（收敛式）上浆装置，并在高速造纸机上采用满流式流浆箱；在箱体结构方面，则趋于采用轻型的刚性好的抗蚀工程塑料和调节喷浆着网点方便的箱架结构。但是，传统的成熟的浆流匀整元件，例如孔辊，仍被广泛地使用着，只是对它工作机理认识的不断加深，其结构也日益改进。

对中小型造纸机的纸浆流送设备的研究和改进较少，发展较为缓慢。目前往往是把高速造纸机上使用较为成功的某些元件，移植到中小型造纸机的流浆箱上来，从而也改进了中小纸机纸浆流送的质量。

下面是用几个流浆箱作为例子，说明流浆箱的一些结构特点和工作原理。

### 一、开启式流浆箱

图 3-85 所示是一台抄宽 4020mm、抄速为 200~450m/min 的新闻纸机上的开启式流浆箱的结构简图。

该流浆箱采用多支管式锥形布浆器，用节流扩散流道和孔辊作为匀整元件，其主要结构参数表示在图 3-86 中。在车速为 400m/s 时，布浆器设计中选用的各主要浆速为：锥形总管为 3m/s，支管为 6m/s，第一节流缝为 2m/s，第二节流缝为 4.2m/s。

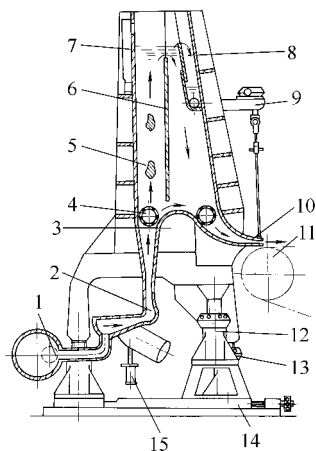


图 3-85 一种用于中速纸机上的开启式流浆箱简图

- 1—支管布浆器 2—节流扩散管道 3—山形部 4—孔辊  
5—分流板 6—隔板 7—泄流槽 8—溢流槽  
9—唇板调节机构 10—唇板 11—胸辊 12—可调支柱  
13—中间支柱 14—滑轨 15—快速放浆阀

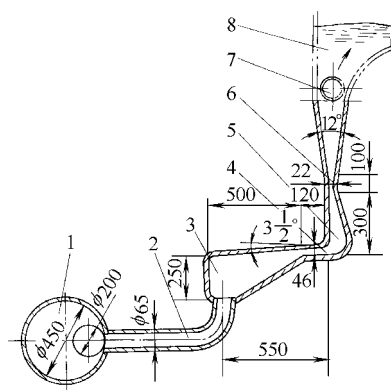


图 3-86 多支管布浆器和节流扩散管道

- 1—锥形总管 2—支管 3—第一扩散室  
4—第一节流缝 5—第二扩散室 6—第  
二节流缝 7—孔辊 8—流浆箱的箱体

流浆箱的本身是一个衬有不锈钢的焊接箱体，箱体的底盘和喷浆口的流道是衬有不锈钢的铸件。整个箱体是装置在高度可以独立调节的几个支柱上，支柱本身又装置在可以平移的滑轨上，因此流浆箱可以作上下、前后和不同倾斜度的调节。该流浆箱的最大水平位约为250mm，最大的倾角约 $6.2^{\circ}$ 。为了减少下唇板的挠曲度，下唇板基梁中部设有附加的中间支柱。

## 二、气垫式流浆箱

造纸机的车速达到450m/min以上时，如果沿用开启式流浆箱，则箱体的质量和尺寸十分庞大，结构变得复杂且不合理。通常是车速超过400m/min以后，便开始使用密封的气垫式流浆箱。

在气垫式的流浆箱内，纸浆的液面保持在一个适当的高度上，改变液面上方空气垫的压力时，可以使上网的浆速在广泛的范围内变动。由于箱内的浆位有固定不变的高度，可以在浆坑内有效地使用孔辊等浆流匀整元件，来改善纸浆的流动状态。因此，开启式流浆箱自然发展的结果，除了将箱体顶部密封起来，而且增加了使用孔辊的数量。图3-65是20世纪60年代被广泛采用的气垫式孔辊流浆箱，常被称为“五辊流浆箱”，它甚至成为孔辊流浆箱的代表形式。它的一个喉辊、一对中间孔辊和一对闸辊形成浆流途径上的三道匀整关口，对浆流的匀整作用可达到较为灵活可控而又满意的要求。

图3-65所示流浆箱内的浆位高度约800mm，箱内空气垫的压力是用一台专用空气压缩机保持的。在箱体侧壁的液面高度上开一个用来稳定上浆量的小排气孔。当需要调节唇板开口高度时，必然会引起造成箱内液面高度的波动，但液面的波动会自动的改变排气小孔的实际开口面积，造成箱内气垫压力有相应变动，从而保持流浆箱内的浆位高度基本不变，使纸浆的流量作相应的变化。

要使孔辊式流浆箱具有良好的纸浆流送性能，箱内各孔辊的布置和选用是十分重要的。

我国自行设计、制造、分别装设在3150mm长网多缸新闻纸机和凸版纸机上的气垫式孔板流浆箱，设计车速为220~440m/min。

该流浆箱的结构特点为：①采用方锥管和多孔板作为布浆器，平底堰池，堰池浆位低，流速快；②使用两根匀浆辊作为整流元件，孔板出口的匀浆辊主要起孔板喷射浆流的消能整流作用；而堰板收敛区前的匀浆辊主要起整流作用；③设有前墙溢流装置，便于稳定浆位和排除泡沫；④采用结合式唇板。

这种流浆箱结构紧凑，体积小。但在使用过程中发现当车速较低（280m/min以下）时，上唇板有挂浆现象，且由于车速较低，导致堰池流速较低而影响到纤维的分散，从而对成纸匀度有影响。由于使用孔板作为布浆元件，孔板出口射流速度高，从而对消能整流有较高的要求，如处理不当会导致纸页横幅定量差较大。因此，新设计的这种流浆箱已改用管束或阶梯扩散器作为布浆整流元件，以改进其布浆整流性能。图3-87所示为气垫式管束流浆箱示意图。

这种流浆箱与孔板流浆箱的主要区别在于这种流浆箱使用管束作为布浆元件，由于管束本身有一定的消能整流作用，加之在管束出口有整流区，因而有较好的布浆整流效果。

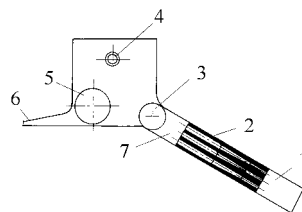


图 3-87 气垫式管束流浆箱示意图

- 1—方锥形布浆总管
- 2—管束（3排） 3—开孔率
- 4—40%匀浆辊 4—旋转消泡喷水管
- 5—开孔率50%的匀浆辊
- 6—结合式堰板 7—整流区

### 三、满流式流浆箱

满流式流浆箱是 20 世纪 70 年代发展起来的一种新型流浆箱。这类流浆箱的基本特点

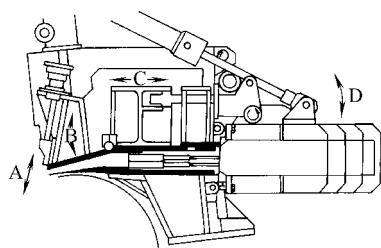


图 3-88 满流式阶梯扩散器流浆箱

(Escher-wyss 公司)

A—堰板的设定和精调

B—跟流量和纸机车速有关的上唇板调节

C—上唇板水平位移，影响喷浆的着网点，  
从而影响纸页匀度

D—为了清洁或检查，布浆  
器可作摆动清扫

是：①在流送过程中流浆箱充满纸浆；②按照造纸机车速要求，流浆箱的压头由可调节速度的冲浆泵提供；③这类流浆箱均配有能够产生规模和强度均合适的微湍流的布浆元件和整流元件（如阶梯扩散器、管束、飘片等），布浆整流效果好；④流浆箱没有转动部件，体积小，效率较高；⑤没有溢流装置，因而在进入流浆箱之前必须通过消除空气和泡沫以及消除压力脉冲的装置。

实例一：满流式阶梯扩散器流浆箱（亦称为 Escher-wyss 阶梯扩散器流浆箱）

图 3-88 为 Escher-wyss 阶梯扩散器流浆箱示意图。

这种流浆箱的结构特点为：①采用方锥形总管布浆，以阶梯扩散器作为流浆箱的核心，起到主要的布浆作用，整流作用和产生微湍流分散纤维絮聚的作用。由阶梯扩散器出口到堰板收敛区只有 200mm 左右的短整流区，然后

进入堰板收敛区，堰板收敛也不长（大约在 380mm 左右），由于流道很窄（约 120mm），因此纸浆以很高的速度通过这一区段，只需要很短的时间，从而使得纸浆通过阶梯扩散器时所产生的微湍流在网上前不致消失，从而保证了上网纸浆纤维的均匀分散，并减少了再絮聚的现象。②结构紧凑、体积小、质量轻；③流速控制范围较大，运行参数调节范围大，控制简单，可以生产  $80 \sim 140 \text{g/m}^2$  厚纸，也可以生产  $13 \sim 18 \text{g/m}^2$  的薄纸。

实例二：满流式管束—导流片组流浆箱

图 3-89 所示结构的满流式管束—导流片组流浆箱，有时被称为敛流式流浆箱，属于新型流浆箱之一。它配置于曲面夹网造纸机投入使用，抄制定量  $23 \sim 270 \text{g/m}^2$  的多种纸种，如新闻纸、涂布原纸、证券纸等等，车速可达  $1200 \text{m/min}$  左右。这类流浆箱的结构特点为：①由方锥总管、管束和稳流区构成流浆箱的布浆整流系统，有高效的布浆整流性能；②在收敛区前设有多孔板，在每排孔眼之间镶有用聚碳酸酯薄片制成的飘片。飘片厚度在收敛区进口端为 3mm，出口端为 1mm。由于收敛区为飘片所间隔开而分成为许多互相平行的沿纸机横幅全宽的收敛流，有效的分散纤维絮聚，保证纸浆均匀分布，纸页横幅定量均匀稳定。收敛流的厚度在间隔开的夹隙进口为  $30 \sim 40 \text{mm}$ ，然后逐渐缩小，到出口处约为 3mm。通过这样窄小的间隙出口，纸浆形成剧烈的剪切力，将纤维的网状物分散，又防止大涡流和大湍流的产生。出口的间隙越小时，纤维分散的程度就越大。由于收敛区出口非常接近纸浆着网点，且浆速很高，从而使上网浆流能够保持很好的分

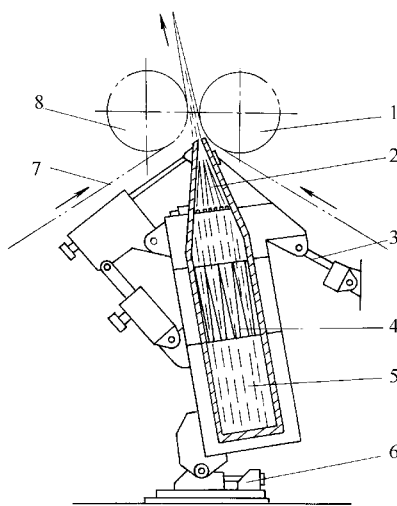


图 3-89 满流式管束—导流片组流浆箱

1—胸辊 2—整流片组（飘片） 3—底网  
4—布浆管束 5—锥形布浆管 6—喷浆口  
角度调节装置 7—顶网 8—成形辊

散状态，为形成均匀的纸页创造良好的前提条件。

#### 四、满流气垫结合式流浆箱

满流气垫结合式流浆箱是在满流式流浆箱的基础上发展起来的一类新型流浆箱。目的在于解决满流式流浆箱存在的由于没有压力缓冲装置和溢流装置而导致泡沫难于排除和对供浆系统压力脉动敏感的问题。这类流浆箱的特点是：配有满流式流浆箱使用的，能够发生规模和强度合适的湍流的整流元件，而流浆箱的压力、流量控制又采用一般封闭（气垫）流浆箱所采用的气垫调压和溢流控制的方法，使得这一类型的流浆箱既具有满流式流浆箱效果好，没有转动部分，体积小等优点，又有可能排除泡沫和消除脉冲。

图 3-90 所示结构的满流气垫结合式流浆箱是最近发展起来的流浆箱，它常在文献中被称为 W 型流浆箱。它的主要元件是两段集流扩展的管束。浆流在这种管束中，从整体上看是收敛的，但对于单个的管子来说，浆流在其中是扩展的。

如图 3-90 所示，第一级管束（分配管束）直接位于锥管布浆器之后，第二级管束（湍动管束）则在收敛式上浆装置之前。经第一级管束分布开来的浆流在一个不大的流道中混合和消能。在该流道的末端，小部分浆流溢流入气垫室（气垫室可以抑制浆流中的压力波动，并可以排除纸浆中的空气与泡沫），大部分浆流经转折后进入第二级管束。通常认为，这种转折流道的设计可具有更好地“抹匀”横向流速分布和防止第二级管束入口处孔缘积浆的现象。流浆箱的设计应保证浆流的湍动减低之后而纤维尚未重新絮聚之前，把浆流喷布到成形网上。

据报道，W 型高湍动流浆箱能适应 150~1200m/min 的大范围内车速变动的造纸机使用。

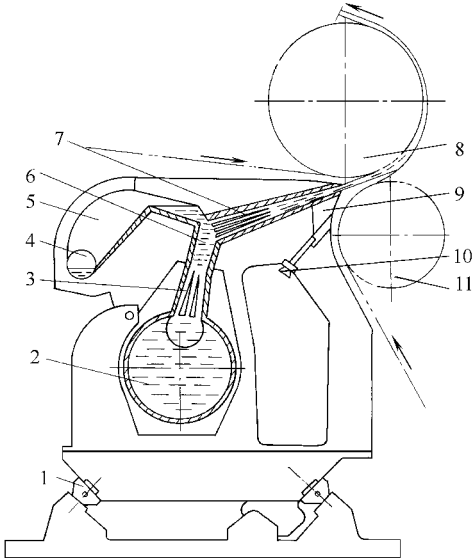


图 3-90 满流气垫结合式流浆箱示例

- 1—喷浆口角度调节装置 2—锥形布浆总管  
3—布浆管束 4—溢流管 5—气垫室  
6—混合室 7—整流管束 8—成形辊  
9—可调下唇板 10—唇板微调 11—胸辊

#### 五、多层型流浆箱

多层型流浆箱是在满流式流浆箱的基础上发展起来的一类新型流浆箱。多层型流浆箱结构特点是沿着流浆箱的 Z 向（竖向），将流浆箱的布浆器和整流系统分割成若干独立的单元（一般为 2~3 个单元），每个单元都有各自的进浆系统。因此各个不同单元可以各自通过不同种类的纸浆，从而形成几股独立的纸浆流层，一直到堰板口附近才汇合成一股上网浆流。由于这时纸浆流动的速度很高，各层纸浆互相混合的距离和时间都很短，因而上网纸浆流沿着 Z 向（竖向）的各层纸浆基本上保持原来的组成，使得形成的纸页沿着 Z 向（竖向）各层的纸浆组成与流浆箱各层的纸浆组成大致相同。这样使用一台多层流浆箱就能够为形成由几层不同的纸浆组成的纸页提供上网纸浆，这对于提高纸张质量、节约优质纸浆、简化流送与成形设备均有重要的作用。目前多层流浆箱的技术已成为流浆箱技术发展的一个重要方

面。已开发了几种多层流浆箱，现简介如下。

图 3-91 是双层流浆箱（亦称 Escher wyss 多层流浆箱）简图。该流浆箱结构的特点为沿着流浆箱的 Z 向有两个连接在一起的阶梯扩散器流浆箱单元。各单元流浆箱的浆流只在堰板口附近才合成为上网浆流。

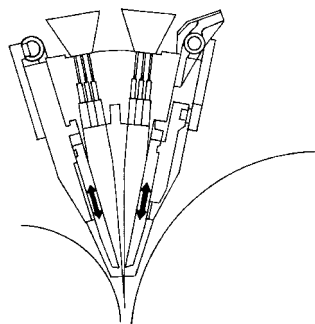


图 3-91 双层式流浆箱简图

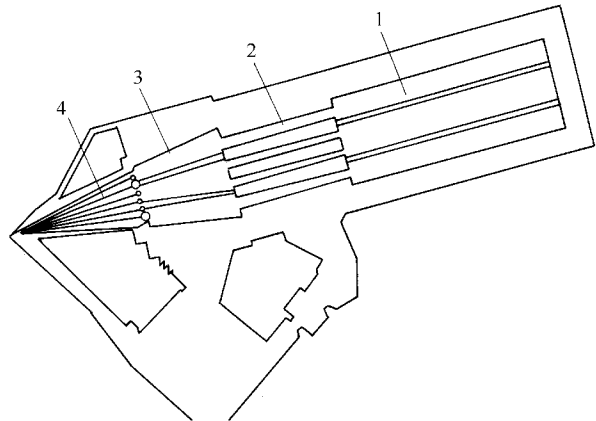


图 3-92 Beloit 三层敛流式流浆箱示意图

1—方锥形总管 2—管束 3—扩散室 4—飘片收敛区

图 3-92 为 Beloit 三层敛流式流浆箱示意图。这种流浆箱结构的特点为沿着流浆箱的 Z 向（竖向）有三个接在一起的敛流式飘片流浆箱单元，各个单元的纸浆在进入飘片收敛区前是分开的，在进入飘片收敛区后由飘片将各自纸浆层分离，一直到飘片出口处的堰板口附近才合成为上网浆流。目前这种流浆箱已用于制造薄页纸、餐巾纸和纸版。

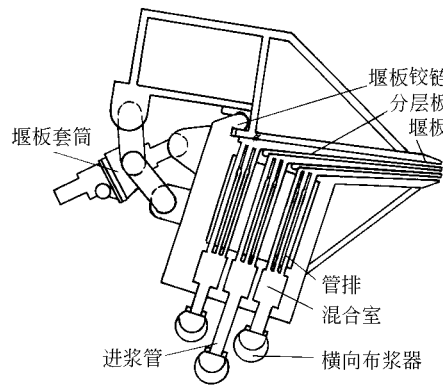


图 3-93 多层流浆箱示意图（KMW）

图 3-93 为 KMW 多层流浆箱示意图。这种流浆箱的结构特点是用两片空心的分离叶片把 3 个连接在一起的流浆箱隔开，分离叶片从堰板口一端的孔隙喷出空气，并在堰板口至成形区之间的区间形成把相邻两层上网喷浆流分开的空气楔，从而防止在纸页成形之前各层纸浆的混合。目前这种流浆箱只用于夹网造纸机。

## 六、高浓流浆箱简介

已如前所述，传统流浆箱的浓度范围大都在 0.1%~1%，可笼统将它们称为低浓流浆箱。自 20 世纪 70 年代初期瑞典制浆造纸研究院着手研究将流浆箱浓度提高到 2.5%~3.5% 的高浓成形技术以来，高浓成形技术在北欧、北美及日本等地区已经开发研究了近 20 年，已有产品问世，主要用在纸板领域。用于生产低定量纸（120g/m<sup>2</sup> 以下）的试验研究也已进行了十多年，虽有报道在实验室有较好的结果，但还未见生产应用。在我国，高浓流浆箱仍处于研究开发阶段。

理论和实践都证明：高浓成形的纸页，其在 Z 向的纤维取向作用要比低浓形的纸页大

得多。所以纸页结构较疏松和松厚，层间结合力大、环压强度高。由于相对开放的纸页结构，使它在纸页成形、压榨和干燥部更易于脱水。典型结果为出压榨干度可提高两个百分点，干燥部的干燥效率提高 10%。高浓成形的这些特性使它特别适应用于抄造纸板、浆板以及瓦楞芯纸等。

高浓成形的意义在经济上比在技术上的更大。高浓成形时，流程中的流量只是传统方法的 15%~40%，这不但意味着用水量的大大减少，而且流送系统的能耗也大大降低。用水量和能耗的节省与低浓成形时相比都在 1 倍以上。流浆箱是高浓成形技术的核心。高浓流浆箱结构简图如图 3-94 所示。

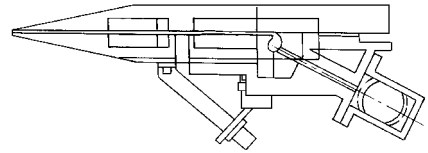


图 3-94 高浓流浆箱结构简图

由图可见，高浓流浆箱与低浓流浆箱类似，主要由布浆箱器、匀整元件、湍动元件及唇口区等组成。布浆器也使用方锥管式布浆器，然后是孔板，孔板后面的混合室为流线形结构，以保证既混合均匀，又能消除有停浆、挂浆等现象。湍动元件的结构与低浓流浆箱的完全

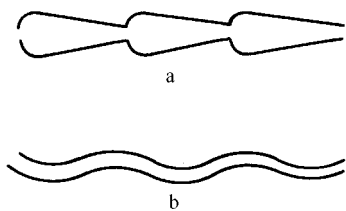


图 3-95 湍动元件形状示意图

a—突扩收缩流道式 b—弯曲流道式

不同，这是因为低浓流浆箱的湍动元件是要将纤维分散成单根或接近单根的纤维，而高浓流浆箱的作用却是将不连续的、离散的纤维团尽量疏解成一层连续的、均匀的悬浮于水中的纤维网络组织。显然，要达到这样的目的，使用传统的孔板或孔辊等都是不行的。如何设计好湍动元件的形状和尺寸是高浓流浆箱能否开发成功的关键。国外开发的高浓流浆箱中，使用较多的湍动元件的形状主要有两种：一种是弯曲流道式，另一种是突扩收缩流道式，见图 3-95 所示。

前者主要依靠流体急转弯产生边界层分离而产生剪力场，这种剪力场较均匀，但适应的流道高度不能太大，因此，限制了产品的定量不能太高，一般在  $200\text{g}/\text{m}^2$  左右。后一种流道的剪力场强度高，有时有停浆现象发生，制造难度较大。

由于高浓成形的纸页多为多层纸板的芯层，且高浓成形时，由于浓度高，纸浆从流浆箱喷出来后很容易很快便形成再絮聚。因此，高浓流浆箱大部分都作为二次流浆箱使用，高浓流浆箱出来的纸浆最好能使用夹网成形器进行两面脱水，以尽快成形，减少再絮聚。

使用高浓成形技术的纸板机，可以使纸板机成形部的长度大大缩短，结构也可以简化许多，降低设备造价。这也是高浓成形的优点之一。

## 第八节 流浆箱的主要技术参数和设计计算

### 一、流浆箱的主要技术参数

流浆箱的技术参数是指用以设计流浆箱和表示其性能的那些参数，这包括：①造纸机的产量 ( $\text{t}/\text{d}$ )；②从造纸机的净纸幅宽提出的上网浆流宽度或流浆箱内壁净间距 ( $\text{m}$ )；③造纸机的工作车速范围 ( $\text{m}/\text{min}$ )；④成品定量范围 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )；⑤上网纸浆浓度 (%)；⑥成形网上总漏浆率或网上纤维保留率 (%)；⑦浆网速比系数 (%)；⑧流浆箱的流量范围 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )；⑨流浆箱各部分的平均流速 ( $\text{m}/\text{s}$ ) ⑩上浆装置喷口或唇板的位置调节范围 ( $\text{cm}$ )；⑪ 喷浆角度调节范围 ( $^\circ$ )。

## 二、流浆箱的设计计算

在流浆箱的设计中，通常是按纸浆流向的顺序来选定各部的元件，再顺序地进行这些元件的主要尺寸参数的计算。它是在对流浆箱元件的性能和运行参数已掌握了成熟可靠的经验后进行的。在设计计算中，通常是以流浆箱的流量为基础数据再按各个部位的经验推荐计算流速来确定各处相应的尺寸参数。

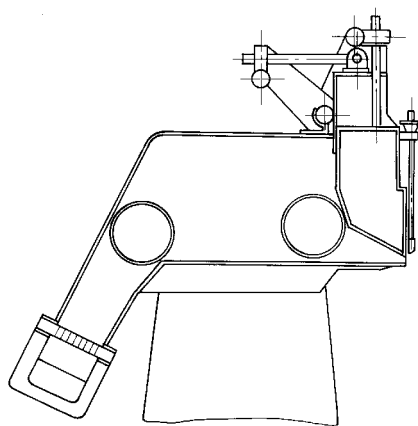


图 3-96 气垫式孔板—孔辊流浆箱

对于大多数流浆箱箱体内的浆池中以及流道中计算流速推荐采用以下数据：浆池坑中  $0.15 \sim 0.45 \text{ m/s}$ ；布浆器进口  $1.5 \sim 3 \text{ m/s}$ ；孔板或支管的进口  $3 \sim 6 \text{ m/s}$  或更高一些；孔板后或管束后  $0.45 \sim 0.6 \text{ m/s}$ 。

以下用一个例子来说明有关计算的步骤与方法。选定流浆箱方案如图 3-96 所示的气垫式孔板—孔辊流浆箱。

### 1. 锥管布浆器的计算

根据生产产量计算流浆箱唇口的计算喷浆流量  $q_v$ ，  
 $\text{m}^3/\text{s}$

$$q_v = \frac{m \times 10^4}{\rho(100 - M) \cdot S_0} \quad (3-15)$$

式中  $m$  —— 造纸机的理论绝干毛纸产量， $\text{t/s}$

$$m = \frac{b \cdot v_M \cdot q \cdot S}{10^8} \quad (3-16)$$

$b$  —— 毛纸幅宽， $\text{m}$

$v_M$  —— 造纸机最大工作车速， $\text{m/s}$

$q$  —— 纸的定量， $\text{g/m}^2$

$S$  —— 成纸的绝干干度， $\%$

$M$  —— 造纸机上纸浆固相离出率， $\%$ ， $M$  值通常在  $40\%$  左右

$\rho$  —— 纸浆密度， $\text{t/m}^3$ ，可取  $\gamma = 1$

$S_0$  —— 上成形网的纸浆绝干浓度， $\%$

锥管布浆器进口端的流量  $q_{v,0}$  为

$$q_{v,0} = \frac{q_v(1 + \omega_1)}{(1 - \omega)} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3-17)$$

式中  $q_v$  —— 同前为唇口计算 喷浆流量， $\text{m}^3/\text{s}$

$\omega_1$  —— 流浆箱内（前墙或后墙）溢流率；

$$\omega_1 = \frac{q_{v,R_1}}{q_v} \quad (3-18)$$

$q_{v,R_1}$  —— 由流浆箱前墙或后墙溢出的浆量， $\text{m}^3/\text{s}$

$\omega$  —— 锥管小端溢流率， $\omega = \frac{Q_R}{Q_0}$ ，见前述式 (3-8)

锥管布浆器进口截面面积  $A_0$  为：

$$A_0 = \frac{q_{v,0}}{v} \quad (\text{m}^2)$$

式中  $v$ ——锥管布浆器进口截面上的计算流速, m/s, 可取为 2.5~3m/s 锥管布浆器截面宽度  $B$ 。对于等宽的矩形截面锥管布浆器, 其截面宽度要与其相配的孔板宽度相等, 这一宽度与其后流道的高度是相等的, 于是  $b$  的值可按下式来计算。

$$b = \frac{q_v(1+\omega_1)}{b_z \cdot v_3} \text{ (m)} \quad (3-19)$$

式中  $b_z$ ——闸口幅宽, m

$v_3$ ——孔板下游流道的计算流速, m/s

锥管布浆器的计算在确定了  $v$ ,  $b$ ,  $A_0$  以及  $\omega$  的值之后, 可按前述第四节方法进行。

## 2. 孔板的计算

在确定了孔板的孔中计算流速  $v_2$  之后, 即可算出孔板中孔的总面积  $\Sigma A_{\text{孔}}$

$$\Sigma A_{\text{孔}} = \frac{q_v(1+\omega_1)}{v_2} \text{ (m}^2\text{)} \quad (3-20)$$

再由选定的孔径  $d$  (m) 来算出总孔数  $n$

$$n = \frac{4 \Sigma A_{\text{孔}}}{\pi d^2} \quad (3-21)$$

孔的排列形式多采用棋盘形排孔, 也可排成阵列形。

## 3. 孔辊的计算

孔辊的直径  $D$  通常都是按流道高度或浆池中的浆位高度来决定的。

对于位于孔板下游流道中的喉辊, 已算出了流道高度  $h$ , 一般地可初定喉辊直径比  $h$  小 10mm 左右。但往往为了在设计取喉辊与闸辊有相同的直径而要放大喉辊直径, 此时可把喉辊附近的流道高度相应地放大到比喉辊直径大 6~10mm。这样, 孔板下游流道就会成为略有扩展的流道。

闸辊的直径按流浆箱体内浆池中的浆位计算, 也比浆位高度小 10mm 左右并圆整成适当的整数, 以防止闸辊露出液面带入空气。

流浆箱箱体内浆池中浆位高度  $H_1$  (气垫式流浆箱) 在前墙溢流时为:

$$H_1 = \frac{q_v(1+\omega_1)}{b_z \cdot v_4} \text{ (m)} \quad (3-22)$$

而在后墙溢流时为:

$$H_2 = \frac{q_v}{b_z \cdot v_4} \text{ (m)} \quad (3-23)$$

上两式中  $v_4$ ——浆池中的计算流速

孔辊辊面上的钻孔数  $n$  利用式 3-14 计算:

$$n = 4 \cdot \lambda \cdot D \cdot b \cdot / d^2 \quad (3-24)$$

式中  $\lambda$ ——辊面上小孔的开孔率, %

$D$ ——孔辊外径, m

$b$ ——孔辊辊面钻孔段宽度, m

$d$ ——孔辊辊面上小孔的直径, m

对于螺旋线排孔的孔距尺寸可按制造厂商的排钻钻距和一般几何计算公式来算出。

孔辊下游波迹长度的计算公式通常用式 3-12 计算:

$$l_w = \frac{K \cdot v^{3/4} \cdot d^{1/4}}{138 \cdot D^{1/4}} \text{ (mm)}$$

式中  $l_w$ ——下游无波迹处距孔辊下游侧辊面的距离, mm

$K$ ——波迹系数, 当孔径为 25mm 时, 开孔率为 35%、45% 及 50% 时分别取 50、30



及 25

$v$  ——通过辊孔时的纸浆流速, mm/s

$D$  ——孔辊外径, mm

$d$  ——孔辊辊面上的孔径 (mm), 通常取为 25mm

#### 4. 流浆箱中, 浆流流道的长度

按设定的设计方案的流浆箱, 其浆流流道包括喉辊中心距孔板面的距离  $S_1$  以及喉辊与闸辊的中心距  $S_2$ 。它们的长度可按经验分别计算。

喉辊中心距孔板面的距离  $S_1$  可按式计算:

$$S_1 = 20d_{\text{板}} + \frac{D_1}{2}$$

式中  $d_{\text{板}}$  ——孔板中小孔的直径

$D_1$  ——喉辊直径。

喉辊与闸辊中心间的距离  $S_2$  决定了流浆箱内浆池的长度。这个长度尺寸与三个方面的因素有关。第一,  $S_2$  距离应尽可能地使上游侧孔辊的波迹效应所导致的扰动消除在下游侧孔辊之前, 或者上游无孔辊时使孔板的孔中喷出的流股在下游孔辊之前成为全幅全深均匀的浆流。第二, 以浆池中的计算流速  $v_1$  流动着的浆流在  $S_2$  距离内不致发生沉降或絮聚的现象。第三, 按照  $B_z \cdot S_2$  来计算的流浆箱内浆池面积不能太小。因为这个浆池面积愈大, 在供浆量或压力有脉动的情况时, 气垫式流浆箱吸收和抑制脉动的能力越强, 使由闸口喷到成形网上去的浆量脉动越小。这对于高速长网造纸机更显得重要。从第一、第三这两个因素考虑, 希望  $S_2$  长度尺寸大些, 而从第二个因素考虑, 希望  $S_2$  小些。一般情况下,  $S_2$  可如下计算:

$$S_2 = Kd_1 + \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (3-25)$$

式中  $K$  ——系数,  $K=16\sim20$

$D_1$  及  $d_1$  ——喉辊的直径及孔径

$D_2$  ——闸辊直径

当设有中间孔辊时, 则浆池长度分为两段。这两段均可用 (3-24) 式计算, 此时  $D_1$  及  $D_2$  将分别地相应于上、下游的孔辊辊径,  $d_1$  为上游孔辊的孔径;  $K$  在计算前一段时可用  $10\sim12$ , 而在计算后一段时可用  $12\sim16$ 。

#### 5. 敛唇式上浆装置的流道

通常把敛唇式上浆装置的流道的上游端 (大端) 高度取为  $h_1=0.6\sim0.8D$ ,  $D$  为闸辊直径。设敛唇的流道的收敛角为  $\alpha$ , 则沿收敛角中线并自闸辊辊面算起的流道长度  $L$  为

$$L = \frac{1}{2}(h_1 - h) \frac{1}{\tan \alpha / 2} \quad (3-26)$$

式中  $h$  ——喷缝开度

通常取  $\alpha=30^\circ$ 。按上式计算的  $L$  值应该大于或等于式 (3-12) 或式 (3-13) 算出的值。

## 第九节 流浆箱的调节与控制

### 一、流浆箱运行中需要调节与控制的参数

在流浆箱运行作业中, 需要进行控制的主要参数有: 流量 (亦即进入布浆器时流速)、

箱内液位、气垫压力、上浆装置的喷口开度及喷浆角、着网点等，通常对配用匀浆辊的转速和转向都不是经常调节的。

## 二、控制与调节方法概述

### 1. 开式流浆箱有关参数的调控

在开式流浆箱中，通常用溢流（例如，通过调节箱内溢流板高度对箱内液位进行调节）及人工调节方式（例如，手动控制阀门以进行流量调节；又如，手动控制锥管末端的回流控制阀门，以对锥管横向压力进行有限的调节）对上述有关参数进行调控。

### 2. 气垫流浆箱液位和总压头的调节

造纸工艺对流浆箱性能提出的一个重要要求是，从流浆箱上浆装置喷浆口喷出的浆流速度必须保持稳定一致，从而确保浆速和网速有一定的比例（即浆网速比较稳定）。

喷浆速度  $v$  与流浆箱总压头有关：

$$v = k \sqrt{2gp}$$

$k$  为与纸浆性质和流浆箱上浆装置唇口形式有关的系数。总压头  $p$  是气垫压力（ $p_{\text{气}}$ ）和浆位静压（ $H_{\text{浆}} \cdot \rho$ ）之和，即  $P = P_{\text{气}} + H_{\text{浆}} \cdot \rho$ 。因此，调节浆位与气垫压力或调节总压头，都可以调节喷浆速度。在总压头和浆位两个参数的调节中，关键是稳定总压头，以稳定喷浆速度。浆位控制的目的是为了纸浆在流浆箱输送纸浆过程中保持所需要的流动特性，在总压头不变的前提下，小范围的浆位波动是允许的。

图 3-97 所示，为流浆箱液位和总压头三种调节方案。

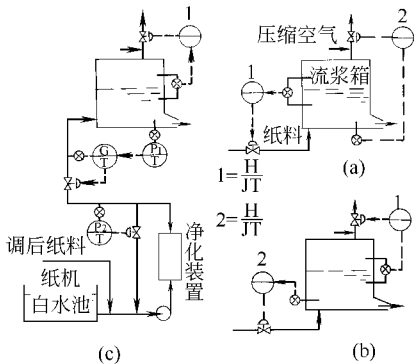


图 3-97 流浆箱液位和总压头的调节方案

方案（a）中，压力调节系统 P-JT 是通过调节气垫压力去稳定总压头，液位调节系统 H-JT 则是通过调节进浆量去稳定液位。方案（b）中，压力调节系统 P-JT 是通过调节进浆量去稳定总压头，液位调节系统 H-JT 是通过调节气垫压力去稳定液位，这是普遍采用的方案。方案（c）中，总压头与进浆量组成了串级调节系统，并在净化装置（除砂器或筛浆机）后设置了压力调节系统  $P_2-T$ ，以稳定进浆压力。这将使流浆箱中的总压头和液位更为稳定。

更为完善的方案是，把流浆箱自成体系的控制系统同全造纸机控制系统相结合、连锁、统一起来，亦即是向流浆箱供浆的浆量调节阀和供浆泵的控制都是同造纸机车速控制系统连锁的，并同造纸机的定量水分监测仪表经过控制系统相连接的，使流量能随造纸机主控制系统的要求来调节。具体的控制原理、方式及所采用的仪表、元件则因各供应厂商或设计者之不同而异。

### 3. 上浆装置的喷浆角、着网点及唇口开度的调节

通常有两种方法来控制着网点位置和喷射角。一是上浆装置整体亦即是箱体有上下方向和前后方向的位移，前者可以控制喷射角（同时也变动了着网点），后者可以控制着网点位置。这往往借流浆箱箱架结构设计来实现（箱架结构见前所述）。二是借上浆装置的闸口元件的上下唇板有相互位置调节来实现（这也可见前所述）。上浆装置的喷浆角和着网点通常只在开机调试期间进行人工调节。少数专门设计的单一产品高速造纸机已有借软件进行自动

控制的。如前所述，唇口的开度应能全幅宽整体调节和局部微调，具体见第六节（三）、（四）。在新式造纸机上，多数是由机上定量水分监测仪表发出的信号通过自动控制系统来进行的，其机械的执行构多采用步进电机和大速比减速装置。

## 参 考 文 献

1. 胡楠主编. 轻工业技术装备手册. 第1卷. 北京: 机械工业出版社, 1995
2. 华南工学院. 天津轻工业学院合编. 制浆造纸机械与设备. 北京: 轻工业出版社, 1981
3. 陈克复编. 造纸机湿部纸浆流体动力学. 北京: 轻工业出版社, 1984
4. 隆言泉主编. 造纸原理与工程. 北京: 中国轻工业出版社, 1994
5. 谭天恩等编著. 化工原理. 上册. 北京: 化学工业出版社, 1988
6. 钱承茂等编. 制浆造纸过程测量与控制. 北京: 中国轻工业出版社, 1991
7. 制浆造纸手册编写组编. 制浆造纸手册. 第九分册. 北京: 中国轻工业出版社, 1998
8. 曹邦威译. 最新纸机抄造工艺. 北京: 中国轻工业出版社, 1999

## 第四章 造纸机成形装置

### 第一节 概 述

#### 一、成形装置的作用

成形装置又称为网部，是造纸机上最重要的一部分，纸料悬浮液在其上面形成纸页，成纸质量和纸机的正常生产都与成形装置的操作有密切关系。湿纸幅一旦在成形装置成形后，纸张中的纤维交织状态便基本定形，纸张的基本物理性质也随之确定下来，随后的造纸机的压榨、干燥和压光等过程只能有限地改善已成形的纸幅的性质。成形装置通常也是纸机上最复杂的一部分；在运转中，成形装置的动力消耗和维修费用在整个造纸机中占有相当大的比重。

成形装置的主要作用是：

(1) 获得组织良好的湿纸幅 纸幅的成形是一个复杂的过程，通常可简单地看成是纤维逐渐沉积到成形网网面上，相互错综交织成一个薄层的结果。要获得组织均匀的纸幅，除了需要性能良好的流送设备外，还需要使纸料在成形网面上进行合理的脱水过程。一般可通过控制网速和上网浆速的差值、网案的摇振及选用适当的脱水元件等方法，使纤维悬浮液在纸幅成形过程中，既相对平静又具有一定的湍动，从而使沉积的纤维分散均匀，无絮团；同时又避免不适当的过急的脱水，使纸料中的胶料、填料和细小纤维流失过多，造成纸幅的两面性质的差别。

(2) 把已形成的纸幅脱水到一定的干度 湿纸幅初步成形后，一般需要通过强制脱水的方法（真空抽吸、压榨等）来达到一定的干度或湿强度，从而能从成形网面剥离下来。

现在常用的纸幅成形装置有长网成形器、圆网成形器、夹网成形器、复合型成形器、高浓成形装置和干法成形装置等。

#### 二、纸幅成形的机理

纸幅的成形过程即是纤维悬浮液在成形网面上脱水和沉积的过程，其主要是一个流体力学的过程；化学力和胶体化学作用力也有一定的影响，尤其是对纸料中微细物质的影响是比较显著的。其流体动力过程主要包括三个过程：泄水、定向剪切和湍动。

泄水即是水通过成形网的流动，水流的方向基本是、但不完全是垂直于网平面，其特征是流速随时间而变化。泄水所起的主要作用是纤维悬浮体脱水而使纸浆中的纤维沉积到成形网上成为积层。

泄水按两种机理来进行：过滤和浓缩。当悬浮体中的纤维是易动的或可以互相无干涉地自由运动时，就发生过滤。在过滤的机理下泄水时，沉积的纤维积层与接近积层的稀薄的悬浮体之间有着清楚的边界，积层上的未泄水的悬浮体的浓度基本上是常值。过滤机理的泄水对纸的成形有两种作用：匀布作用和逐层沉积作用。因为泄水流动总是在阻力最小的途径上有最大的流量，从而把较多的易动的纤维带到这阻力最小、也就是纤维积层较薄的地方去，

这就使积层有均匀增长的趋势，这就是匀布作用。由于过滤机理的泄水把主要是呈单体状态的纤维一层层地沉积在成形网上，故积层的结构中纤维的交织、穿插相对地较少，层次性比较明显，这就是逐层沉积作用。当悬浮体中的纤维成为互相交缠连绵的网络状态、纤维不易动时，就发生浓缩。此时积层与悬浮体之间没有清楚的界限，悬浮体的浓度在越靠近积层之处越大。悬浮体中的纤维网络与积层一样，随着浓缩的过程而被逐渐地压紧。悬浮体泄水的主要机理是过滤。但过滤与浓缩这两种泄水机理实际上也是同时存在的，只是按浓缩机理进行的泄水带局部性和暂时性。

在泄水中纤维受到成形网的机械阻拦而积留在网上，由此产生了积层，并使积层随着泄水的进程增长并受到压紧。在积层中的纤维之间和纤维与成形网之间的摩擦在泄水过程中逐渐增大，从而使积层的纤维结构稳定下来，能够抵抗积层上方未泄水的悬浮体中的流动扰动和来自成形网下方的水的反冲。积层的增长和压紧使纤维和细微物质的积留增加。

定向剪切是在尚未泄水的纤维悬浮体中的剪切流，它的特征是有清楚可见的流动方向和平均流速的梯度。定向剪切具有分散作用、定向作用和浓集作用。定向剪切的分散作用即是由于其流速梯度的存在，使悬浮体中的纤维网络受到剪切力的作用而发生变形，以致最后被分散。定向剪切的定向作用即是由于定向剪切表现出明显的流动方向性，使积层中沉积的纤维多沿着该优势的剪切方向排列。在泄水范围内包含有非匀布的强剪切流型时，纤维表现出相应于剪切场模式的浓集趋势，这就是定向剪切的浓集作用。这种作用是成形中不希望有的，所以要用高强度小尺度的湍动来抑制它。

在成形中，湍动从理论上说就是在未泄水的自由悬浮体中的流速的无定向波动。但实际上自由悬浮体中湍动的流型并不是真正的无定向的，但它还不足以产生显著的定向剪切，它对纸的结构的影响与真正的流速无定向波动所起的效应很近似。这是一种拟湍动的流型。它也是流动方向性很高的流动缓和时的自然结果。湍动在成形过程中的主要作用是分散纤维网络，在有限的程度上使纤维在悬浮体中易动从而降低其絮聚程度，以及作为使定向剪切衰减的手段。

定向剪切和湍动都是剪切的过程，其区别仅在于：在给定的尺度（与单体纤维的长度尺寸相比足够大的尺度）范围内方向性的程度不同。在任何成形器中，上述三种流体动力过程都是同时发生和存在的，而且它们在时间上和空间上都不是均匀分布的，彼此也都不是完全独立的。

## 第二节 长网成形装置

### 一、长网的组成及纸页的成形过程

#### （一）长网的组成

长网造纸机的网部简称为长网或网案。如图 4-1 所示为一个典型的长网部。网案的主要部件是一个无端的细编织网（金属编织网，一般为磷青铜材质或塑料网）。该成形网套在两个大辊子中间运行，其中胸辊靠近流浆箱，而伏辊则在另一端。胸辊通常用于支撑网，在一些抄纸系统中，胸辊还起到脱水元件或真空成形器的作用。伏辊则起支撑网和脱除纸页水分的作用。转动网部的大部分动力都是施加在伏辊和驱网辊（转向辊）上。

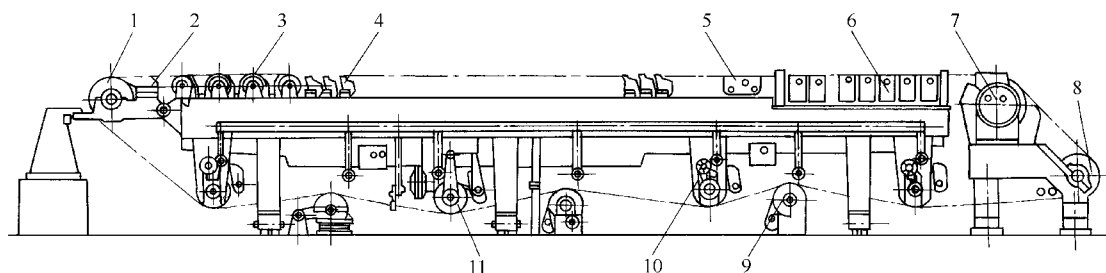


图 4-1 一种长网造纸机网案结构示意图

1—胸辊 2—成形板 3—沟纹案板 4—案板 5—湿吸箱  
6—真空吸水箱 7—真空伏辊 8—驱网辊 9—导网辊 10—铜网张紧器 11—铜网校正器

在胸辊和伏辊之间的各类元件都具有支承网子和脱水的双重功能。根据特定需要，可使用多种不同的脱水装置。旧式纸机网案上的成形基本上是由成形板、案辊、脱水板、真空吸水箱和伏辊等组成。目前大多数纸机在紧接着胸辊之后使用一个成形板，接着是脱水板组件，然后网子经过一系列真空度逐渐递增的脱水装置：从低真空度的湿吸箱到高真空度的干式真空箱，最后是高真空度的伏辊。

回网辊装置将网子带回到胸辊。张紧辊和导网辊用以自动维持正确的张力和消除横向位移。一组喷水管保持网的清洁和去除积垢。

低速纸机（如 300m/min 以下的）常配以振动机构，使网子横向摆动以改善纸页匀度。这些低速纸机还沿网边配以橡胶定边板以便在最初成形阶段挡住浆料。在高速纸机上由于纸页是瞬时形成，所以不必用振动和定边装置。

有些长网纸机配有饰面辊（水印辊），它安装在真空箱区域的网的上方，并轻压在纸浆上。饰面辊上有网布覆盖，用以压实纸页和改进纸页的匀度。有些饰面辊在网面上有花纹，可转移到纸页上，形成水印或其他特定效应。

通常将随即离开伏辊的纸幅两边切去一个窄条。该纸幅两边由于定量低且匀度不稳定，一般强度较差，很可能是传递纸幅时断头的原因。切边工作由称为水针的高压水射流完成，该水针恰好位于伏辊前的网子上方。切下的纸边沿驱网辊（转向辊）带走并冲洗入伏辊坑中，在坑中被重新碎浆，随后进入损纸浆流系统。

## （二）纸页的形成过程

浓度约 0.3%~1% 的纸浆，从流浆箱的唇口以接近网子的速度，均匀地喷到网上。随着无端的长网向前移动，靠重力或真空抽吸力，纸浆中的水分就从网孔中排出。随着纸浆在网上脱水的同时，纸浆中的纤维及填料等都沉积在网上而形成湿纸页。纸页在网部的脱水量占整台造纸机的总脱水量的 95% 以上，纸页离开网部时干度为 18%~23%；高速造纸机可达到 27%。

## 二、胸 辊

### （一）作用

胸辊是造纸机上的第一个辊筒，是网案的开始部分，它的一个作用是承托成形网。成形

网在胸辊上改换方向，经过胸辊以后，成形网的非工作面变为工作面。在很多情况下，胸辊也是网案上的一个脱水元件，上网的纸浆可在胸辊上脱去一部分或大部分水。

## （二）结构

胸辊为管辊结构，其结构如图 4-2 所示。

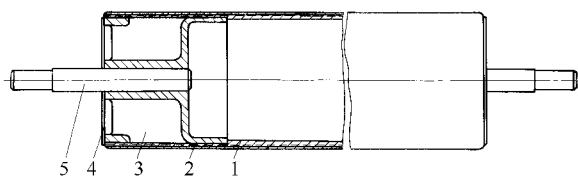


图 4-2 管辊

1—辊壳（筒体） 2—防腐蚀包覆层  
3—铸铁闷头 4—盖板 5—轴头

胸辊应有足够的刚度和最小的挠度，以防止铜网起皱。为了减少铜网带动胸辊的负荷，胸辊的质量要轻。一般中小型低速造纸机的胸辊无中高，大型高速造纸机的胸辊略有中高。

过去胸辊多用铜制造，现一般用钢制薄壁管，外包 3~4mm 厚的铜皮或 8mm 厚的橡胶（布氏硬度 12~17 度），也有采

用玻璃钢包覆面的胸辊。胸辊要经过静平衡和动平衡检验。

为了防止纤维块进入胸辊和铜网之间，辊面装有塑料或木制刮刀清洁辊面，在胸辊与下唇板间还装有喷水管清洗辊面。通常，在刮刀背面配有一块延伸板，将该处通过网子脱除的白水导入第一个白水盘。

胸辊也有脱水作用，其脱水量可以用纸浆流的着网点控制。如果纸浆流直接落到胸辊上，可以排除大量的水，有部分定形作用。如果纸浆流喷在成形板上，则胸辊上的脱水作用很小，纸页的成形由案辊或脱水板控制。

用游离浆生产薄纸的现代高速造纸机，采用吸水胸辊进行强烈地脱水。在此情况下，大部分的水都由胸辊脱除。胸辊的脱水机理和案辊相似。

## 三、成 形 板

成形板（又称组织板）是长网造纸机胸辊后面网下的第一个元件，它起到支承网子和控制上网段的脱水量的作用。

随着造纸机幅宽的增大，胸辊直径增大，如果浆流上网仍在胸辊中心线后的附近，则从着网点至第一案辊间有相当大距离。如果造纸机车速较高，就会在胸辊处发生大量脱水，这对于某些薄质纸类是适合的，但对于其他一些纸机，初始成形时的剧烈脱水是极不利于纸幅成形的。它会使纤维竖起来，影响成纸的强度；会造成大量细小纤维流失，引起纸张较大两面性能差；促使初期沉积的纤维层过紧，影响纸浆进一步的顺利成形和脱水；甚至会在胸辊处造成铜网下陷，发生网面上的跳浆现象，影响纸幅成形。因此在胸辊后设置成形板减缓网上纸浆层的脱水，使最初的纸页成形能在没有剧烈的抽吸作用下进行。

最常见的成形板是几个木质的长条形平板。第一条面宽 100~200mm，其余的较窄，通常是 65~100mm 宽度，间距 40~50mm。

在现代化的高速长网造纸机上，成形板通常是由一个较宽的平面梁板和数个小倾角案板组成的箱体（见图 4-3）。浆面的着网点是在梁板前缘附近的平面上。浆流上网后，由于平面梁板的脱水缓慢，可以稳定浆流。接着是约 1° 倾角的案板叶片，用以造成低强度的湍动和适当的脱水量，防止纤维重新絮聚。

成形板的设计和使用十分重要。要使纸浆在上网段保持纵向流速稳定、不产生冲击，首先要有经过研磨或刨平的成形板；其次是严格地保证其平行于唇板；调节它们之间的距离达

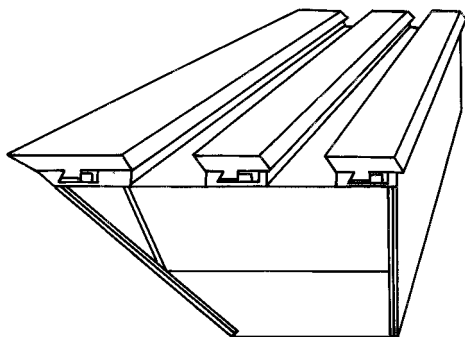


图 4-3 典型的成形板结构

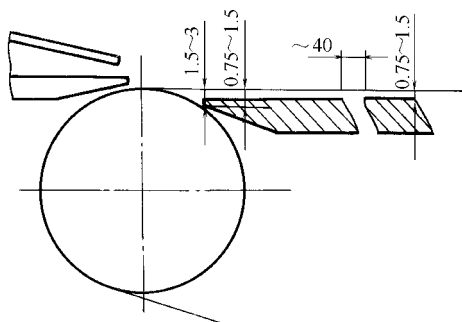


图 4-4 成形板的倾斜情况

到消除成形板前缘处回流反冲的效应；另外，成形板前缘应稍向下倾斜以克服纸浆在喷到成形板上网面时的冲击，否则，纸浆将在成形板上产生波脊。如果成形板比网子低得太多，又会使网下水反冲网上而破坏纸浆的稳定性。典型的成形板倾斜状态如图 4-4 所示。成形板的倾斜程度要视具体情况而定。

成形板面层必须用抗磨损材质制成，以减少对成形网的磨损和损坏。一般可用硬木、聚乙烯、酚醛层压板、含二硫化钼橡胶板、聚四氟乙烯、高密度聚乙烯、陶瓷等不易变形的耐磨材料。前四种用于车速为 300m/min 左右的纸机，后三种可用于更高速纸机上。

用氧化铝烧结陶瓷面板制成的成形板（图 4-5）具有良好的使用性能，它非常耐磨，表面光滑，并可以制成平直而锐利的前缘，避免将水逼回网上而破坏初期沉积的纤维层。烧结陶瓷和大多数的树脂无亲和力，可以长期保持清洁，无挂浆或堵塞现象，维修工作很少。但制造加工较难，价格较昂贵。

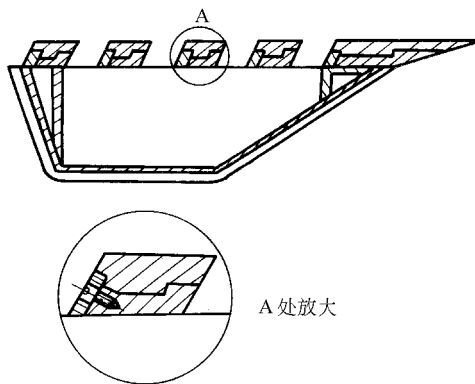


图 4-5 用氧化铝烧结陶瓷面板制成的成形板

## 四、案辊和挡水板

### （一）案辊

#### 1. 案辊的结构和要求

案辊是网部传统的脱水元件，同时也起到支承网子的作用。案辊是一种薄壁管辊（如图 4-2 所示），用无缝钢管、铜管或铝管制作，也有在其表面挂胶以提高其耐磨、抗腐蚀性能及有利于纸浆的脱水并减少对成形网的磨损。玻璃钢也是最流行的一种案辊包覆材料，因为它可以增加辊子的刚度，而且损坏时也容易修补。在结构上，要求案辊的质量轻、转动灵活、有足够的刚度。辊子直径主要决定于所要求的脱水能力，一般为 80~325mm。车速越高、抄宽越大，辊子的直径也越大。

案辊的表面要平直，运转要平稳。弯曲的案辊会在纸幅中留下月牙形的浆块或纵向的浆道子。案辊变形或不平衡会使成形网抖动，引起球状浆块的纸病。



成形网对案辊只有很小的包角，牵引力很小，所以案辊的转速常常略低于网速。

在车速很低的造纸机上，尤其是使用脱水缓慢的粘状纸浆时，案辊的排列是先密后疏，以期纸浆上网后立即较多地脱水，使纸幅迅速地初步成形，避免再絮聚的发生。在车速较高的造纸机上，案辊的排列通常是先疏后密或先疏中密后疏的方式，主要是为了使纸浆上网初期保持稳定，避免细小纤维和填料等的过大流失。

## 2. 案辊的脱水机理

案辊的真空抽吸脱水原理如图 4-6 所示。在案辊与成形网之间的楔形间隙内，水流在案辊和成形网的带动下向外流动，并且截面逐渐变大。由于水有足够的内聚力，水层不会轻易分离，在案辊的楔形区间上形成了真空抽吸的排水区间。这种抽吸作用类似于在楔形区间内有一个向下运动的活塞，把水分从网上抽吸排出。案辊的这种抽吸作用会延续到楔形间隙内水层破裂为止。楔形区间内的水层破裂后，纸浆的脱水过程就暂告一段落。到纸浆随成形网运行到下一个案辊时，脱水过程又重新开始。

在案辊和成形网构成的楔形区间上，不但存在抽吸的负压区，还存在正压作用的区段。这主要是由于案辊表面和网底的水层被案辊和成形网带入楔形区间时造成的冲击形成。如图 4-7 所示。

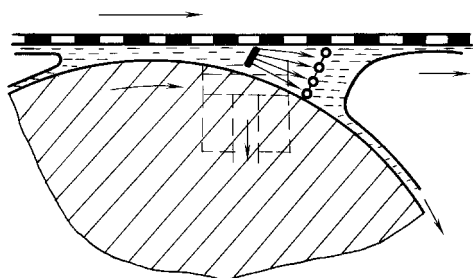


图 4-6 案辊的抽吸作用示意图

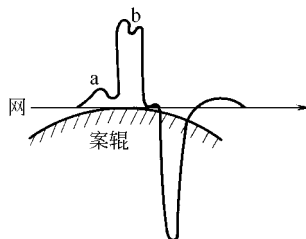


图 4-7 案辊与网接触点前后压力的变化情况 (a、b)

在中高速造纸机上，案辊过大的压力脉冲对纸幅的成形是有害的。在车速 300m/min 以上的中高速纸机，采用案辊脱水存在着脱水速率大而集中、网上有跳浆现象及案辊的脱水作用不能按纸的质量要求进行调节等问题。因此，案辊一般应用于车速在 300m/min 以下的造纸机上。

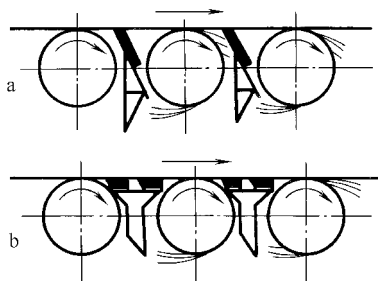


图 4-8 案辊间的挡水板

a—刮刀式挡水板 b—案板式挡水板

## (二) 挡水板

当造纸机的车速较高时，自案辊脱出的水流，在离心力作用下，会抛向下一个案辊的表面，影响后一案辊的脱水效果。同时还会反抛到网的下面，影响纸幅的成形质量。因此，在较高车速的网案上，案辊之间均装设有挡水板（图 4-8）。

挡水板一般制成箱形结构，以增加其刚挺度，使用时就不会产生凹陷、偏斜或振动等缺陷，避免由此使纸页产生诸如条痕和浆道等匀度的问题。

在幅宽较大的造纸机上，挡水板是精确制造和设计的。它的上缘与铜网接触，可以刮去附着在网下的水层，并可减少成形网在案辊之间的下垂。在必要的时候，可以把挡水板的上缘制作成案板，因而可以同时作为脱水元件使用，从而增加网案的脱水能力（图 4-8b）。

### （三）沟纹案辊

沟纹案辊的结构和普通案辊相似，只是辊面车有沟纹。一般说来，沟越宽越多，脱水能力就越低。沟纹案辊的脱水能力只有普通案辊的  $1/2 \sim 1/10$ ，因而使沟纹案辊可应用于中高速造纸机。

## 五、案板（脱水板）

### （一）案板的结构

案板也称脱水板，通常可分为单件的、双件的和组装的几种结构形式。通常靠胸辊端多

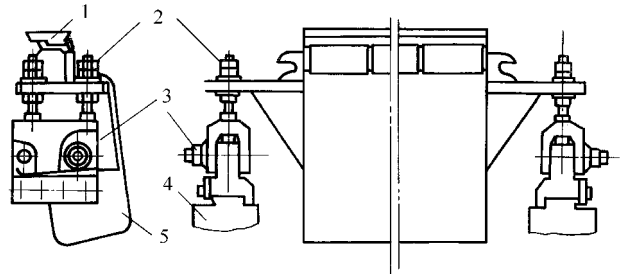


图 4-9 单叶层案板的结构

1—案板叶片 2—案板升降调节螺母  
3—叶片倾角调节装置 4—网案纵梁 5—案板框架

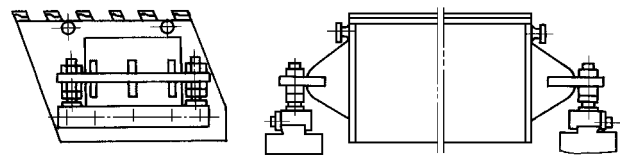


图 4-10 多叶片的组合案板

用单件型，靠伏辊端用组合型。

单件案板（见图 4-9）的优点是使用方便灵活，案板之间的距离和案板叶片的倾角都便于调节。但单件的案板造价高，且由于尺寸限制，单件案板的框架较单薄，容易发生振动。

多件组装案板（图 4-10）的框架刚度大、造价低，但是在网案湿端使用较小间距的组装案板时，容易发生跳浆现象。所以在网案湿端常常采用叶片间隙较大的双件（或三件）组合案板（图 4-11），并在案板上采用可以调节倾角结构的叶片。

案板叶片常用的一种结构形式如图 4-12 所示。它主要是由一个锐利的前缘，一个支承成形

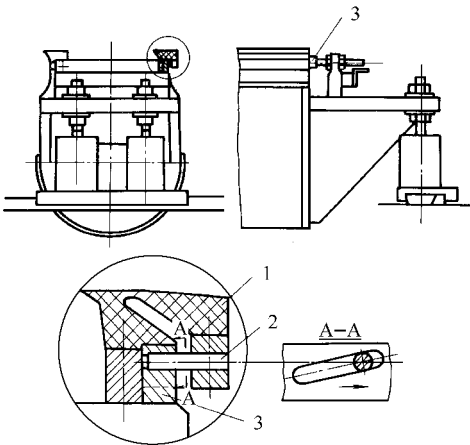


图 4-11 双叶片案板

1—容许较大变形的叶片 2—销子 3—平面凸轮

网的水平面和一个倾斜的平面组成。叶片的宽度通常为 50~100mm（最常用的宽度是 50mm），其中水平支承平面的宽度为 12mm。叶片的前角通常是 30°~45°，倾斜面的倾角为 1°~5°。网速快时，要求前缘平面及斜面较短，前缘角（ $\alpha$ ）较小。靠近胸辊端的案板斜面角（ $\beta$ ）小些，靠近伏辊端的案板斜面角大些。案板排列的间距，靠胸辊端较大，为 130~350mm；靠伏辊端较小，为 90~180mm。

高速纸机上案板的结构大体有下述四种，如图 4-13 所示。

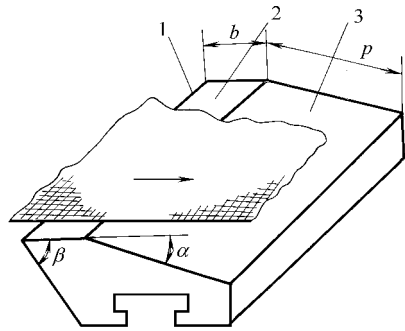


图 4-12 案板叶片的主要结构参数

- 1—前缘（ $\beta$ 角称前角） 2—水平的支承平面  
3—倾斜平面（ $\alpha$ 角称倾角）

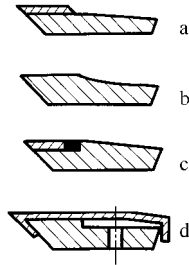


图 4-13 案板的四种结构

- (1) 案板表面镀碳化钨（图 4-13a）。在前缘平面上用碳化钨喷镀 0.05~0.25mm 厚。
- (2) 案板整体用陶瓷等耐磨材料制成（图 4-13b），斜面作成弧形。
- (3) 镶嵌式案板（图 4-13c）。在前缘面的后部，即磨损最严重处镶嵌一条陶瓷或碳化硅或氧化铝材质的梯形条，或整个前缘面镶嵌一条梯形条。
- (4) 可调式的案板（图 4-13d）。在不耐磨的底块上罩上一个耐磨的塑料套，底块上的小孔使空腔与气源连通，可通入压缩空气或抽真空以调节脱水量的大小。

上述四种案板多用于车速在 500m/min 以上的造纸机。一般车速较低的造纸机，可使用高密度聚乙烯或聚四氟乙烯、氯化聚醚等塑料制品。目前案板在最大磨损点普遍使用陶瓷镶嵌件（见图 4-13c），案板组件一般含有 3~6 块案板。

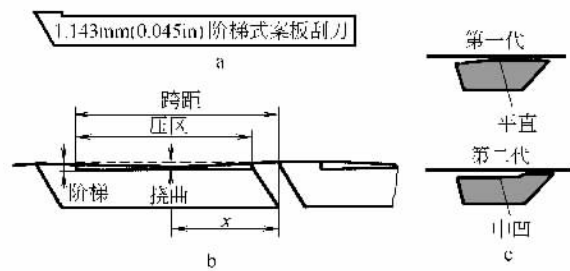


图 4-14 案板设计形式举例

- a—阶梯式案板刮刀 b—利用阶梯代替渐扩角的所谓“Unfoil”案板装置 c—平直和弧形案板刮刀的举例

一般结构的案板，上倾角是固定的，通常是按每隔 0.5°的倾角制成系列。

新型案板的角度一般为 0.5°~3.0°，角度愈大，真空抽吸力愈大。案板有不少设计形式，如可调节角度型、阶梯式角度型、弧面型或渐扩区斜面型（见图 4-14）。将斜面改为弧形面，其脱水效果更好。

## （二）案板的脱水成形机理

案板的脱水原理和案辊有相似之处，即两者都是在真空抽吸作用下进行脱水。如图 4-15 所示，当成形网运行到与案板锐利的前缘接触时，首先是将悬附在网下的水层刮去。接着，成形网和网上的浆料进入水平的

支承平面。在这个区间上，由于叶片的不完全水平、成形网的张力不足、叶片的前缘不够锐利或前角较大等因素，总会有一部分水层随成形网进入到成形网和叶片之间，造成在案板上发生的正压脉冲。当成形网移动至倾斜平面上时，在初始的阶段，成形网会下垂而沿斜面运动，但成形网的张力会很快使成形网与倾斜面脱离，并与倾斜面组成一个楔形空间。案板的脱水作用就主要是发生在这一区间内。

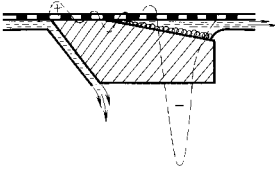


图 4-15 案板的脱水原理示意图

在成形网和叶片的倾斜面所组成的楔形区间内，粘附在网下的水层是以网速沿水平方向运动，而贴在叶片表面的水层则是静止的。这两个速差很大的水层之间会产生强烈的涡流或涡漩。当成形网和叶片之间的距离还很小，涡流占有间隙内流体的大部分空间时，案板的抽吸作用是很弱的。随着成形网向前运动，楔形区内的水层厚度增加，涡流水层开始只占有间隙的一部分空间，由于楔形间隙内水流的截面是逐渐增大的，就开始在叶片的倾斜区内产生真空抽吸作用，案板的脱水速度逐渐增加，直到某一最大值。

由于案板间隙内水层相对是静止的并有涡流底层的存在，案板产生的真空度较低，脱水过程也较缓和，楔形间隙末端水层的形状也比较稳定。成形网离开案板时，案板脱出的水层附着在成形网的底面上，被推向下一个案板，被下一案板的前缘刮落入白水盆。

和案辊比较，案板上的压力真空脉冲比较缓和，其脱水过程的压力波动和最高压力都比案辊脱水时小，因而对网上纸浆的扰乱较小和有利于提高保留率（见图 4-16）。

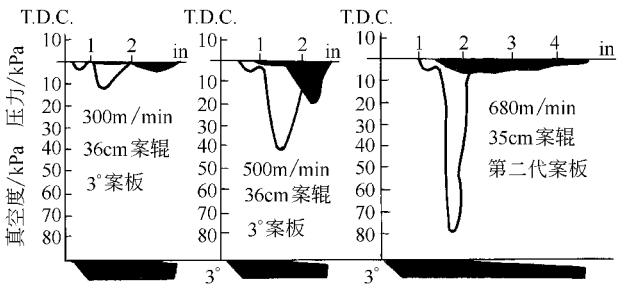


图 4-16 案辊和案板叶片抽吸力的比较  
—案辊 ■案板  
注：1in=2.54cm

### （三）案板脱水特性

当车速超过 200m/min 时，网下水先被案板前缘尖角 ( $\beta$ ) 刮去绝大部分。当网运行到前缘平面时，网下带着一层水膜，网与案板之间的摩擦阻力有所降低。网再继续向前，则依靠网与案板的斜面形成的一个楔形真空区域抽吸脱水。此时，影响案板脱水性能的主要结构参数是叶片倾斜面的宽度和倾斜角，叶片倾斜面的倾斜角度越大则脱水能力越大；其次是叶片的前角；叶片之间的距离对案板的脱水量亦有明显的影响。

车速在 330m/min 以上时，案板的最大脱水量实际上与叶片的宽度无关，只是对较宽的叶片需要选用较小的倾斜角。例如，在 600m/min 车速的新闻纸机上观察到：倾斜面宽度为 25~100mm 的案板叶片的最大脱水量基本上都是相同的，只是要达到最大的脱水量，100mm 宽的叶片的倾斜角应为 2°，而 25mm 宽的叶片的倾斜角应为 5°。类似的情况在其他高速造纸机上也能观察到。当然，对于一定倾斜角的叶片，倾斜面的宽度对其脱水量是有明显影响的。

随着案板角度和案板叶片长度的增加，案板叶片所产生的最大抽吸力增加。但一般说来，案板的脱水量是随叶片倾角的增加而增大到某一最大值，继续增大倾角时，案板的脱水量很快下降。与案辊一样，案板形成的抽吸力随车速平方而成正比地增加，与案辊不同的是，案板叶片所产生的抽吸力随浆层滤水阻力的增加而增加。通常位于网案干端（即水线以后部分）的案板叶片所形成的最大抽吸力可比紧接成形板后的同样叶片的抽吸力要大两倍。

网案的脱水能力大小、效果好坏，在纸浆品种、网目不变时主要与脱水元件产生的真空度大小和脱水元件数量多少有关。单个案板的脱水量比案辊少。但案板所占的地方要比案辊小得多，一个案辊所占的位置可装好几个案板。此外，案板叶片的角度可以增大或减小以改变脉冲抽吸力，从而改变网上的扰动作用和脱水量。因此，使用案板可提高网案脱水率。在车速较高时，案板可以大大提高网案的脱水能力，所以，一般改造长网部只将案辊改成案板，而不增加网案长度，就可以提高纸张的产量和质量。

使用案板的缺点是对网子产生较大的摩擦力，功率消耗也较高。

为了满足纸机车速不断提高的要求，高速造纸机已逐步用案板（又称脱水板）代替案辊脱水。

#### （四）案板设计和使用中的几个问题

##### 1. 案板宽度的选用

对于 300m/min 以上车速的造纸机，因为只要倾角选用恰当，各种宽度的案板都能达到同样的脱水量，选择案板宽度的依据就不应是脱水效率，而主要应从控制案板对网上浆料扰动的程度来考虑。狭窄的案板灵活性较大，对纸浆的扰动也较大；宽度大的案板脱水缓和，有利提高纸幅中细微物质的保留率，但电耗较大。权衡考虑利弊，最好选择中等宽度的案板，即叶片倾斜平面的宽度约 50 毫米的案板，则既可以满足结构上必要刚度的要求，又能有足够的脱水量和纸浆扰动性能，动力消耗也较低。

##### 2. 案板倾角的选用

选用案板倾斜角时应该考虑到案板对网上纸浆引起的扰动（湍动）问题。大倾角案板的过分强烈的脱水，可能在纸浆中引起过大的扰动，影响纸幅的成形；但过小倾角的案板对纸浆的扰动太弱，可能造成纤维再絮聚现象，影响成纸的匀度。在网案的不同部位，应选用不同倾角的案板。一般说来，纸浆的浓度越高，也就是越向网案的干端，案板的倾角应减小。相反，在网案的湿端应使用较大倾角的案板。

##### 3. 案板叶片之间距离的选用

案板叶片之间的距离影响到案板的脱水效率。对于任何一台造纸机，要选用适宜的案板叶片间距，才能获得最大的脱水效果。在纸浆浓度为 0.5%~1.2% 的网案湿端，采用小的案板间距时，由于浆料接受到的压力脉冲能量很大，容易发生跳浆现象，在网面上形成塔形液柱或液滴。减少案板的倾角并不能有效地防止这种现象；但增大案板间的距离，则浆液跳动的倾向减弱。增大叶片间的间距时，每个叶片刮去的水层较厚，单个叶片的脱水会增加，但要求单位网案长度上有最大脱水量时，就需要一个适当的间距。在纸浆浓度为 1.7%~2.5% 的网案干端，同样需要一个适宜的叶片间距，以防止脱下的网下水层重新被吸回纸幅中，影响案板的脱水效果。

对于不同的车速，不同的叶片倾角和纸浆浓度，避免跳浆现象的最小间距值是不同的。

##### 4. 案板前角的选用

案板的前角为 30° 左右时，具有良好的刮水性能。前角过小时，不易保持叶片前缘锐

直，容易发生缺陷并造成积浆。叶片前角增大至  $45^{\circ}$  左右时，大约有 85% 的网下水层被叶片的前缘刮除，余下的水分经过网孔重新进入到浆液中，造成一些有利于防止纤维絮聚的扰动，有益于纸幅的成形。

叶片前角的选用与造纸机车速有关。低速纸机上可以使用较大的前角。车速高于 400m/min 时，一般是选用  $30^{\circ}$  左右的前角。

5. 案板的几何形状精度要高

案板叶片的几何形状，精度要求较高。例如，在叶片倾斜平面的一端高度相差 1mm 时，大约会造成  $1/4$  度的倾角误差，它可以引起 8% 的脱水量的变化。案板叶片脱水量变化最敏感的区间是在  $1.5^{\circ} \sim 2.5^{\circ}$ ，是在常用的倾角范围内，这就要求案板的维修和安装都应有较高的准确度。

六、湿 吸 箱

湿吸箱是一种真空度为 0.2~1kPa 的低真空脱水元件。其箱面为多条案板组成，也有用开孔型的面板，开孔率为 50% 以上，材质与案板相同，具有较大的脱水能力，可以用来代替或配合案辊（案板），应用在网案的各个部位上。在高速造纸机上，用在网案湿端代替案辊或案板的湿吸箱有较宽的箱面，箱面有排列紧凑的窄缝。通常认为：箱面的开口率较大，窄缝间的间隙很小，在迎着纸浆的方向有锐利的前缘时，可以在增大脱水量的同时，保持网上纸浆的稳定，并能在纸浆内造成适度的湍动，有利于纸幅的成形。

湿吸箱的工作原理如图 4-17 所示。它把压差脱水 and 刮水两种作用结合起来，使它的脱

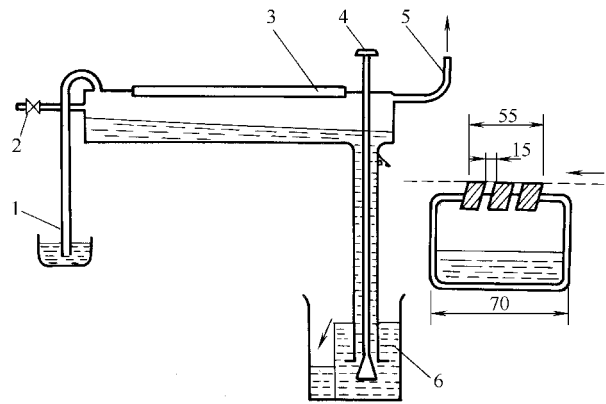


图 4-17 湿吸箱工作原理示意图

- 1—真空度指示 2—真空调节阀 3—有锐利前缘的面板  
4—针形底阀调节 5—去真空系统 6—带溢流的水封槽

水量较案辊和案板大许多。用它代替案板时，网案的电耗增加不会超过 20%。湿吸箱的脱水稳定，操作上有一定的灵活性，小纤维和填料的保留率较高。使用在抄粘状浆的低速造纸机上时，可以缩短网案长度或降低流浆箱内纸浆的浓度，有利于改进纸页的匀度。

案板技术的自然延伸是将案板封闭在一个箱中，将两端密封并抽真空，形成所谓的真空案板组（见图 4-18），按其性能亦可属于湿吸箱的一种类型。其脱水能力很大，常应用在浆板机和抄造以粘状浆制造高定量防油原纸的造纸机上。真空案板组所用的真空度相当低，约为 250~500Pa，脉冲抽吸的强度并不增加，而脱水量却显著增大。

还有另一种形式是等流型真空案板装置（见图 4-19）。该装置是在案板叶片的短距离后有一个低于网面的叶片组。成形网在接触案板叶片后处于拉下状态，脱除的水分与较低的刮刀组之间形成水封，削弱了压力脉冲和排水，使脉冲作用更为缓和。

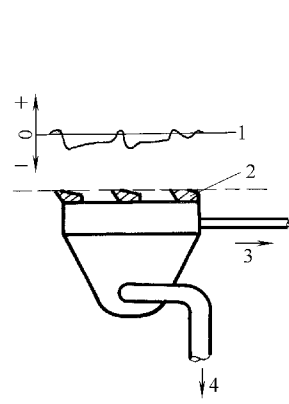


图 4-18 真空案板组简图

- 1—箱面上的真空-压力分布曲线示意图  
2—案板叶片 3—去真空系统 4—排水

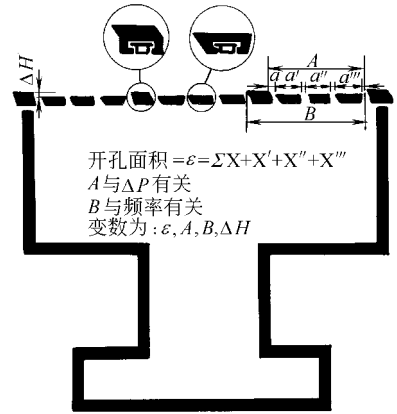


图 4-19 等流型真空案板

## 七、真空吸水箱

真空吸水箱是传统的真空脱水元件。纸浆到达真空吸水箱时，浓度已达到 2%~3%。一般地，在低速造纸机上，纸浆通过真空吸水箱后浓度可达到 11% 左右；在高速造纸机上，真空吸水箱后纸浆浓度可高达 15% 以上。在不同造纸机上，真空吸水箱的装配数量为 2~10 个不等，装配数量的多寡，主要取决于纸张的品种。高级纸或高速造纸机的真空吸水箱数量相对地多一些。其真空范围为 10~33kPa。真空吸水箱总管上的真空度一般小于 40kPa，在高速造纸机上亦有高达 80kPa 的。

### （一）真空吸水箱的结构

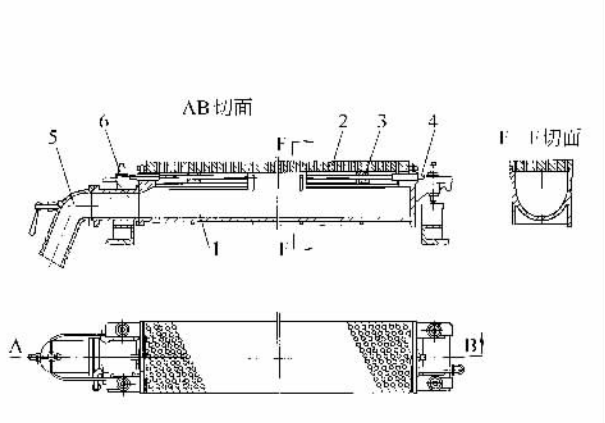


图 4-20 真空吸水箱结构简图

- 1—箱体 2—吸水箱面板 3—调节吸水宽度的挡板  
4—轴头 5—水气排出管 6—调节吸水箱高度的螺柱

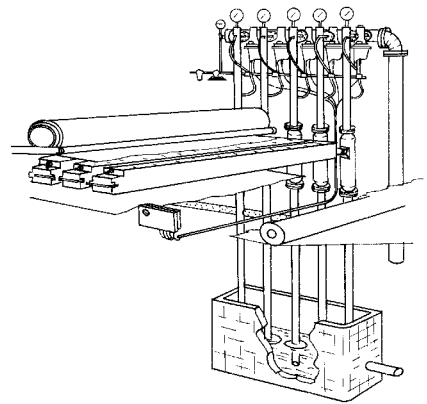


图 4-21 典型的真空箱装置简图

真空吸水箱由箱体和面板两部分组成，如图 4-20 所示。

真空吸水箱箱体一般用木材、铸铁、钢板或铸铝制成。小型造纸机上的真空吸水箱是木质的。较大型的造纸机上采用型钢焊接或铸铁的结构。现代化造纸机上多使用硅铝合金或不锈钢焊接的箱体。一种铸造结构箱体的真空吸水箱如图 4-21 所示。

真空吸水箱面板的材质与成形板相同。低速纸机，覆盖真空箱面的材质，一般为高密度聚乙烯。高速纸机使用诸如碳化硅或氧化铝等硬质材料。面板要求加工平整、孔口圆滑、箱内流水通畅。开孔形状有圆孔、长孔和条缝等三种。一般湿真空箱是缝形开口，干真空箱可以是缝形或孔形，视生产品种而定。在生产细（高级）纸和涂布纸时，最好都用缝形面，因孔形面使纸页产生浆道，并在纸中形成条纹。干真空箱与湿真空箱的缝宽不同，湿真空箱稍宽些，约为 25mm。中间的真空箱缝宽为 16mm，高真空的真空箱宽度为 13mm。

真空吸水箱的两端有可移动的密封挡板，通过螺纹传动移动挡板的位置时，可以调节真空吸水箱的吸水宽度，使之与所抄造纸幅的宽度相适应。一般地，真空室两端的封边要比纸边宽 10~20mm。

由真空吸水箱吸入的水分和空气，通常从箱体的传动端排出，经相关的分离系统分离空气和水。空气和水混合物从真空吸水箱的后面流出，进入一个内含导流板的水气分离器。白水继续向下，空气则向上去到真空联管。每个真空水腿的顶上有一个阀门，可控制真空箱的真空度。从每个分离器出来的气压水腿管进入水封槽，使空气无法从该系统逸出。气压水腿管的长度必须大于系统使用的最高真空度的水柱长度。

为了稳定和调节真空吸水箱内的真空度，可以在真空吸水箱的排气管道上配用膜片式的真空调节器（见图 4-22）。这种调节器的传感元件是一个橡胶薄膜。膜片的上方和大气相通，下腔接真空箱的排气管道，膜片和真空阀的阀体连成一体。膜片的位置随吸水箱内真空度的波动而升降，从而启闭真空阀门，自动地保持箱内真空度的稳定。真空度的调节是通过转动调节手轮改变调节器弹簧对膜片的压力来实现的。

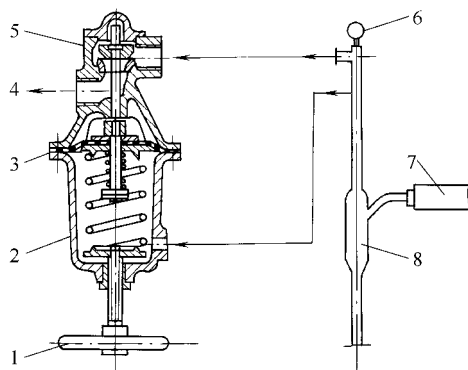


图 4-22 真空调节装置

- 1—调节手轮 2—弹簧 3—橡胶薄膜  
4—接真空系统 5—阀体 6—真空表  
7—真空吸水箱 8—气压水分离器

## （二）真空吸水箱的脱水过程

在真空水箱上，湿纸幅已基本定形，其主要的目的是脱水。

对于在低车速、低真空度的真空吸水箱，湿纸幅在一个真空吸水箱上的脱水过程大致可分为三个阶段。最初，湿纸幅的含水量很高，水分是在真空造成的压差作用下过滤而排出的，常称为自由脱水阶段。继之，湿纸幅在压差作用下被压缩，发生压缩脱水。最后，空气开始穿透纸幅，将纤维间的一部分水分随气流带入吸水箱内，形成所谓空气动力脱水。

空气穿透浆层的这一点，即是“干线”，也称为“水线”的位置。在“水线”之前的纸浆中的一部分纤维悬浮在剩余的水中，网子上湿纸幅之上的悬浮液表面是平整的液面，对光反射，形成光亮的镜面。当纸浆在真空吸水箱上进一步脱水时，悬浮液的自由水分全被脱去，纤维露出浆液表面，对光散射，镜面随即消失。这两种明暗表面之间的界线即所称的“水线”。水线的位置一般是在第二和第三真空吸水箱之间或者稍后一些，其浆浓一般约为



7%，确切的浆浓度随定量和品种而异。观察水线的位置和形状可以直观地初步了解纸幅在网案上的成形的质量和干度的情况。正常的水线应该是平直的或大致平直的形状。如果水线上出现局部凸出的舌状，说明上网浆流可能有流量或浓度不均匀的情况；如果水线上有窜动的舌形，一般是证明流浆箱内浆流不稳定，在喷布的浆流中有窜流的现象。

在真空箱的自由脱水和压缩脱水阶段，其脱水量与脱水的时间（或脱水箱宽度）以及真空度的平方根有关；吸水箱宽度增大两倍时，可以达到提高真空度为4倍的同样效果，但提高真空度对成形网的磨损和动力消耗极为不利。在空气动力脱水阶段，其脱水效率很低，同一真空度下不适当的增加脱水箱的宽度，会增加成形网的磨损和动力消耗却又不能明显地提高湿纸干度。因此，合理的方法是逐渐提高脱水的真空度，使脱水过程主要是处于自由脱水和压缩脱水的阶段上。

实际上，在一个真空吸水箱上的自由脱水和压缩脱水的时间非常短促，理论上真空吸水箱的有效宽度是很小的，而从结构上考虑和维修方便，真空箱不能制作得过窄或宽窄不一。此外，空气动力脱水阶段的排出水量固然不大，但它可以借助空气流吹掉网下和网眼中的水分，有利于下一真空吸水箱的脱水，这在真空吸水箱的实际脱水过程中是必要的，为此目前造纸机上采用的真空吸水箱常应用数量不多而宽度较大的结构形式。

在高速造纸机上，湿纸幅在真空吸水箱上停留的时间非常短促，在它上面发生的脱水过程是更类似于压榨的脱水过程，脱水在非常短的压力脉冲下完成。

常规操作的真空箱系统使用5~6个宽度为15~40cm的真空度逐步升高的真空箱。湿端真空箱在相当低的真空度（6.7~10kPa）下运行。后面真空箱的真空度逐步升高到20~26.7kPa。控制真空吸水箱的真空度，还应该结合“水线”位置，一般要求“水线”出现在全部真空箱的中间，或中间向前一个真空吸水箱。有一种日趋普遍的做法是，只用4个真空箱，并在较高真空度下运行，即起始真空度为10~13.3kPa。逐步升高到26.7~40kPa脱水量相等或有增加，牵引负荷下降。

（三）真空吸水箱的数量

生产实践表明：采用数量较多、宽度较窄并且排列紧密的真空吸水箱，有利于脱水。

一台造纸机实际所需真空吸水箱的数量和所生产的纸的品种有关，主要取决于浆料的脱水性能，通常是使用单位指标法来估算，即用类似造纸机真空吸水箱的单位吸水面积的产纸量来推算。某些纸种的真空吸水箱的产纸量列于表4-1。

生产某些纸种常用的真空吸水箱的数量见表4-2。

表 4-1 真空吸水箱的单位产量指标

| 纸 的 种 类    | 单位产量指标/kg 纸 · (m <sup>2</sup> · h) <sup>-1</sup> |
|------------|--|
| 新闻纸        | 750~1200   |
| 3 号书写纸和印刷纸 | 600~800  |
| 1 号书写纸和印刷纸 | 250~400  |
| 纸袋纸        | 800~1300   |
| 电容器纸       | 10~40  |

表 4-2 真空吸水箱的常用数量

| 生 产 纸 的 种 类 | 真 空 吸 水 箱 数 量/个 |
|-------------|-----------------|
| 用易脱水浆料生产薄型纸 | 2               |
| 粗浆生产包装纸     | 3~4             |
| 高速纸机生产新闻纸   | 6~8             |
| 电容器纸        | 7~8             |
| 防油纸         | 9~14            |

目前还使用一种多隔层真空箱，即在同一个真空箱设几个真空度，使得各段之间真空度不致损失，因而白水不会通过各真空段之间的纸页重新分布，使脱水量增加。

## 八、伏 辊

伏辊是长网部的最后一个脱水装置。湿纸幅经过真空吸水箱后，在伏辊上进一步脱水，达到一定干度，具有足够的湿强度，从而顺利地成网表面剥离传递到压榨部。纸幅到达伏辊的干度一般为12%~18%，伏辊可将其干度提高到18%~25%。

伏辊也是长网部的一个主要驱动点。在没有驱网辊的纸机中，这是惟一的驱动点。有驱网辊时，驱动就分配到伏辊和驱网辊两部分，伏辊为辅助驱动，驱网辊则为主驱动。

伏辊在结构上主要分为普通伏辊和真空伏辊两大类。旧式的低速造纸机上装设普通伏辊，用机械压榨的方法使湿纸幅达到15%~18%的干度。在新设计的造纸机上，普遍都使用真空伏辊。近年来，国外出现了双面脱水的伏辊压榨。

### （一）真空伏辊

真空伏辊主要是靠真空抽吸力来脱水的。其优点是操作方便、脱水率高、网的磨损小、引纸方便等。在造纸机使用真空伏辊，可使湿纸页的干度提高到20%以上，高速造纸机可以达到27%。

真空伏辊的结构见图4-23。真空伏辊由真空室和辊壳两大部件组成。辊壳一般用锡青

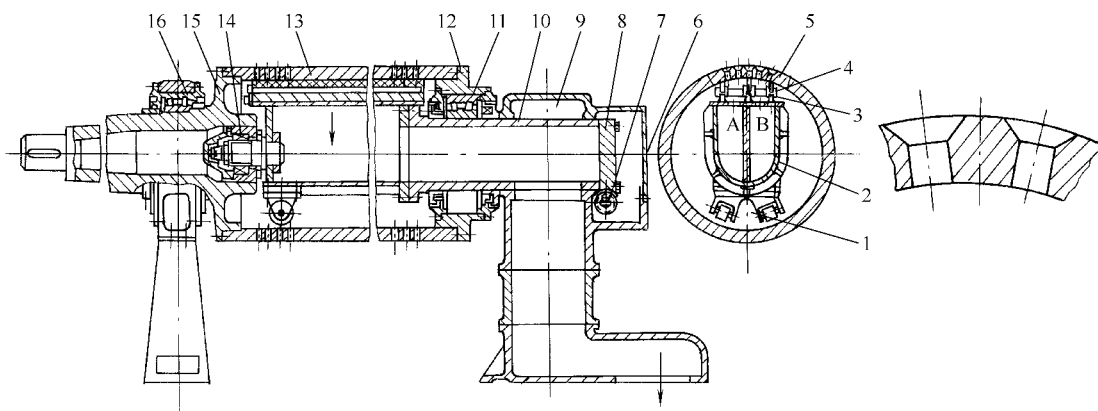


图 4-23 真空伏辊结构示意图

- 1—推入真空箱用的滚轮 2—真空箱 3—密封加压软管 4—密封基板 5—密封条 6—封板  
7—真空箱回转调节机构 8—封盖 9—支架 10—真空箱出口管道 11—轴承 12—操作侧端盖  
13—辊壳 14—轴承 15—传动侧轴头 16—传动侧机架

铜离心浇铸制成。当使用塑料网时，为防止静电腐蚀，采用铜壳包胶或不锈钢制辊壳。壳体与铜网接触部分孔眼全部为沉头圆孔。圆孔为内小外大以便于白水的吸入与甩出。为充分发挥真空伏辊的作用，必须经常保持辊壳上的孔眼的清洁。为适应换网工作的需要，真空伏辊可设计成悬臂式，当正常生产时，它的两端仍是支在轴承座上。

真空伏辊的脱水原理和真空吸水箱类似。真空伏辊是通过其内部的真空室进行脱水的，其脱水强度主要取决于真空室内的真空度，脱水时间和穿过湿纸的空气量只是次要的因素。真空度的提高，对伏辊脱水能力有显著的影响，如真空度提高  $5.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ ，干度可提高1%~1.5%。伏辊上的脱水时间很短促。在车速低时，水和空气进到伏辊，并进入伏辊真空室。在这种情况下，必须使用水气分离器系统来分离空气和水，使白水不致进入真空发生系统。在较高车速时，从湿纸脱出的水分，大部分来不及进入辊内的真空室内。通常有

70%~80%的水分留在辊面的小孔内或成形网的网眼中。车速越高,进入真空室的水分越

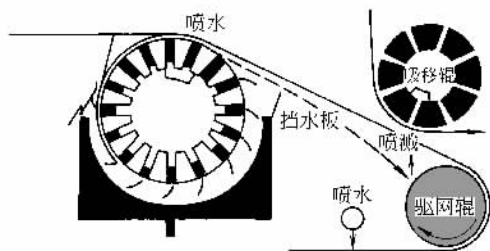


图 4-24 伏辊通过其内部真空室脱水的情况

少。留在辊孔中的水分,在辊孔通过真空箱后的瞬间,被高速冲入小孔中的空气流甩出。因此必须装设伏辊白水盘和挡水板,使用出的水不致返回到伏辊与成形网啮合区的入口侧或带过白水盘喷溅到驱网辊上,如图 4-24 所示。

常用的真空伏辊是单真空室的,但也有使用双室和三室的。

真空伏辊真空度的使用范围约为  $(4.6 \sim 7.4) \times 10^4 \text{ Pa}$ 。在真空伏辊上装设包覆软胶层的上伏辊时,可以增加湿纸幅的紧度,当车速高于  $200 \text{ m/min}$  时,应安装钢管包胶(硬度为肖氏 30~35度)的上伏辊,以提高伏辊真空度和脱水能力。伏辊间的线压力为  $(9.81 \sim 19.6) \times 10^2 \text{ N/m}$ 。上伏辊的入口侧上方应有喷淋水装置。

造纸机的车速高于  $350 \sim 400 \text{ m/min}$  后,应进一步加强伏辊脱水,使伏辊后纸幅的干度达到  $20\% \sim 22\%$ ,才能顺利地把纸幅从伏辊引至压榨。为此最好将伏辊的真空度提高到约  $(6.0 \sim 7.5) \times 10^4 \text{ Pa}$ 。在单室式真空伏辊上提高真空度,会造成伏辊所需真空泵的电耗剧增。用多室式真空伏辊来代替单室式真空伏辊,即用几个较窄的、真空度逐渐增高的真空室来代替一个较宽的高真空室,可以在达到同样脱水效果的同时,节约真空泵的电耗。

多室式真空伏辊的结构较为复杂,直径也较大,通常用在大型造纸机上。双室式真空伏辊的第一真空室吸水宽度为  $150 \sim 750 \text{ mm}$ ,真空度为  $50 \sim 55 \text{ kPa}$ ;第二室宽  $100 \sim 150 \text{ mm}$ ,真空度  $70 \sim 75 \text{ kPa}$ 。三室式真空伏辊上各室的真空度通常为  $20 \sim 30$ 、 $40 \sim 50$ 、 $70 \sim 80 \text{ kPa}$ 。单室式真空伏辊吸水宽度一般不大于  $230 \text{ mm}$ 。多室式的吸水总宽不大于  $400 \text{ mm}$ 。

## (二) 伏辊压榨

有些不带真空引纸的造纸机装设伏辊压榨以改善脱水和增加在伏辊处的纸页密度。这种装置的特点是,在真空伏辊上面的压辊包绕能从湿纸中接受大量水的特殊毛毯,这些水在毛毯重新进入压区前由高效率的真空箱除去;或者是包覆很柔软的橡胶。为防止纤维粘附,可在辊上喷少量雾状喷淋水,以保持湿润和干净。

压区的线压力可为  $(2.6 \sim 3.5) \times 10^4 \text{ N/m}$ 。使用伏辊压榨后,可提高纸页干度,例如可使牛皮衬垫纸提高干度  $3\% \sim 4\%$ ,使证券纸提高干度  $7\%$ 。在车速较高的浆板机上也使用伏辊压榨,可提高浆板干度  $3.5\%$ 。但将一般伏辊改造为伏辊压榨时,必须加固辊体,同时辊面应有中高,以弥补加压后的挠曲变形。

## 九、饰面辊

饰面辊(又称整饰辊)是一个轻型的包覆铜网的空心辊筒,通常是装设在最初的两三个真空吸水箱之后的成形网面上。

使用整饰辊的目的:一是整饰纸面,赋予纸所需要的水印,即是如果饰面辊的铜网上具有图案,就会在纸上留下迎光可见的印痕(光印),这是整饰辊在生产某些特殊用纸时的用途,如钞票纸等;二是改善纸张的匀度,将湿纸层的表面“封闭”起来,使纤维的交织显得均匀细腻。使用整饰辊,还可以破坏纤维的再絮聚,特别是抄造粘状浆或定量大的纸时,纸料悬浮体在成形的过程中容易发生再絮聚,通过使用整饰辊破坏纤维的絮聚,对改进匀度,

效果更加明显。此外，整饰辊还可以起到破坏、消除纸幅中气泡的作用。

饰面辊的作用类似一个擀面杖，把湿纸幅的厚薄抹匀，使成纸匀度增加。其作用机理示于图 4-25。首先，成形网在饰面辊周围会有弯曲变形，其曲率半径在很大程度上取决于饰面辊的半径和网的张力。在入口侧，饰面辊与成形网之间的纸页受压，因此湿纸幅被压紧，密度增大，并在纸面留下适当的网痕。

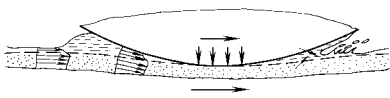


图 4-25 饰面辊的整饰原理

水从纸页排出，向上进入整饰辊和向下穿过成形网。在成形过程中，这一点的纸页的水分分布不均匀。由于所有脱水都发生在下面，从上到下有一个水分梯降，纸页上部的浓度要比下部低得多，因此多数的水是向上流的，浆料上的水层会产生的较大的速度差异，由此形成剪力场，有助于使纤维积层上表面的纤维排列均匀平直。过中线后，饰面辊与成形网分离。在压区出口侧的楔形区间里存在一定的负压，并产生微小的脉冲抽力。该真空抽力把整饰辊内的若干水抽出来。饰面辊网内的水分慢慢回落，浆层内的一部分也会被吸起来，并可见到在出口侧形成喷雾状。这就是水的再分布过程，它对纤维产生剪切力并改善匀度。饰面辊除了对纤维分布的效应外，也存在对填料分布的效应。因为饰面辊在压区入口的作用机理是穿过纸页向上挤水，大致上任何有一定游离性的微粒物质都将随水一起移动。具体分析纸页的剖面，显示在使用饰面辊时纸页上层的填料含量增加。

整饰辊一般为平直正圆的空心网辊，非通轴式。辊体两端轮幅固定。

图 4-26 为常用的无轴式饰面辊的组成和外形。辊体是一个套有铜网的螺旋形铜丝架，两端设有端环和小托轮。饰面辊对湿纸幅的压力可借杠杆重锤机构调节。在低速纸机上，饰面辊被纸页和网子所带动。随着纸机变得更宽、速度更快，饰面辊的直径和挺度增加，必须自带驱动装置以使辊速能与网速一致。在有些新型纸机上，饰面辊速度超过网速达 5%，从而改善了纸页匀度和表面特性。为冲洗网面，饰面辊上装设有喷水管和喷气管。

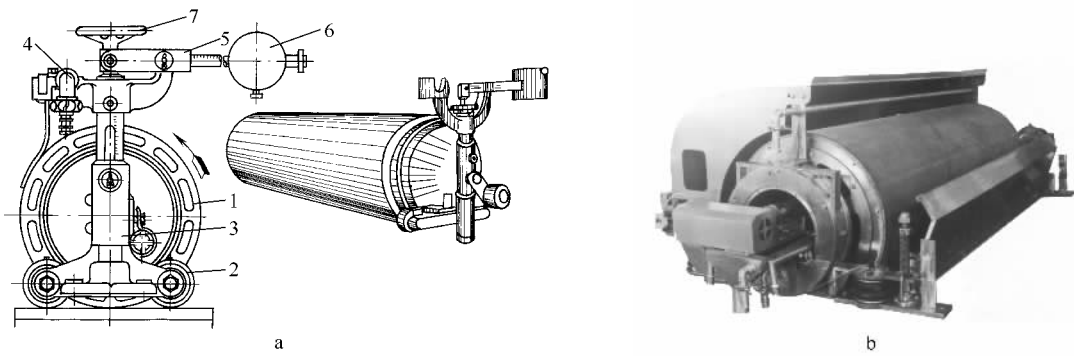


图 4-26 饰面辊的结构和外形

a—无轴式饰面辊 b—带传动饰面辊

1—饰面辊 2—托轮 3—支架 4—喷管 5—悬称机构 6—重锤 7—升降饰面辊的手轮

饰面辊的选择合理与否对产品的质量有很大影响。其面网通常都是平织网，要求有良好的透水性，网线比线形网线要适当细一些。根据所生产的纸种、纸机的车速、成形网网宽及网目数来选择合适的直径、面宽及面网目数。一般车速快，定量大的纸种，面网目数选用适当小些以易于脱水，同时与成形网网目差距也不要太大。如书写纸、双胶纸一般使用 50 目左右的面网，薄页纸使用 80 目左右的面网。如果面网目数选择过高，饰面辊脱水困难，在与成形网接触间隙的出口处，浆水易被辊面带起。带到面网上的浆水经辊子回转后甩到整饰辊

后的浆面上使纸产生透明点，并可能在纸上形成纵向“浆道子”及大量气泡形成的孔眼。饰面辊的直径大小与纸的定量、车速有关。一般车速快、定量大的选用直径大的为好，避免因直径小，整饰辊回转速度过快，在出口处形成负压区，产生抽吸力，造成脱水困难，易带起浆水或鼓泡，影响纸张匀度及造成纸病。根据经验，转数以 100r/min 为宜，以此来确定整饰辊的直径。

饰面辊面宽的选择计算，一般按下面的经验公式：

$$b = b_B + (50 \sim 100)$$

式中  $b$  ——整饰辊面宽，mm

$b_B$  ——胸辊面宽，mm

饰面辊的安装位置非常重要，一般将其放置在“水线”上。饰面辊在网面上运行后，会造成水线伸长。同时饰面辊本身清刷辊面的喷淋水会增加湿纸水分，故饰面辊一般放在两组真空箱之间，并且后面真空箱数量要多于前面的数量，并适当提高真空伏辊的真空度或采取加强脱水措施，降低伏辊出口处湿纸水分。

对于新型大径整饰辊，其下面的自由网面应与整饰辊直径相等。整饰辊的安装应使辊前有 1/3 的自由网面和辊后有 2/3 的自由网面。整饰辊位于第一吸水箱后，有时在最后一个真空空板箱后。为了使效果更好，整饰辊下的水分含量应为 2%。

为了使整饰辊内具有容纳多余水的体积，已设计了新的双层网整饰辊。即先包一层极粗的网，然后再包一层 35~40 目网，包网为螺旋形接缝，几乎都用不锈钢材质制成。存于整饰辊网缝间的多余水必须除去，一般是利用内部喷淋水。集水盘位于整饰辊的上游侧。盘底部有密封装置以防止漏水。脱除的水要及时排走。大幅宽纸机前后都有排水口。

## 十、网案的摇振装置

纸机车速达 600m/min 以上时，由于在纤维离开振动区以前，振动在纤维上的作用时间很短，振动对匀度很少或没有影响，因此较高车速造纸机网案上不设置摇振装置。但在车速低于 600m/min 时，特别在低于 300m/min（生产高定量纸页）时，高频振动可对匀度产生明显影响。在低速造纸机上，尤其是抄速低于 100m/min 时，如果不振荡网案，一般不易得到均匀的纸幅。通常认为网案摇振时，沉积在网面的浆层随同一起振动，而浆层上面的浆液或多或少是静止的，由此产生剪切作用，削平浆层上的突出点，并填补浆层中低洼的地方。这种作用在离胸辊 1~2mm 的地方最有效。也有人认为：网案的摇振可以减少纸幅中纤维的纵向排列，促使纤维的排列方向与成形网运行方向间有一定的角度。此外，摇振的定向剪切可衰减为纸浆的微湍动，有利于减少网案上纤维絮聚的过程。总之，摇振网案可使纸幅的厚度和定量较均匀一致、强度改善、纸幅横向强度和纵向强度的比值提高。

振动对改善匀度的效果基本上跟振幅和频率平方成正比，而跟车速成反比，但振动频率比振幅更为重要。频率愈高，对匀度愈有利。车速较低的造纸机，采用网案振动的振幅为 4~10mm，振次为 100~300 次/min，使用高粘状浆时，选用较大的振幅和较小的振次；而使用较游离的、纤维较短的纸浆抄造较厚的纸张时，则选用较小的振幅和较高的振次。一般变动网案振动的频率和振幅，主要取决于机械状况而不是进一步改善匀度的愿望。

网案的摇振方式通常有三种（图 4-27）。

第一种（图 4-27a）：摇振胸辊，成形网只是随着胸辊振动。受振动的长度与成形网本身的刚度和张紧程度有关。这种摇振网案的结构简单，只有胸辊是安装在垂直的弹簧片上，但

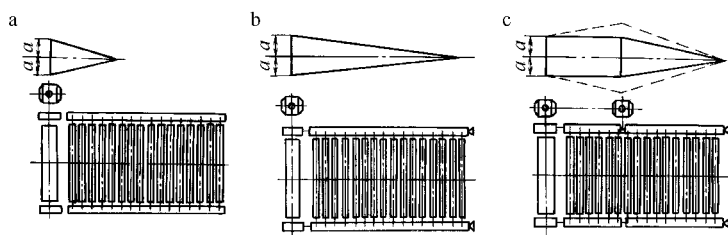


图 4-27 网案的摇振方式

a—只摇振胸辊 b—胸辊和案辊纵梁同时摇振 c—具有两个摇振箱的摇振方式

摇振效果较小。

第二种（图 4-27b）：将案辊装置在一条小纵梁上，纵梁的前端和胸辊支承连接并安装在弹簧片上，纵梁的末端铰接在网案大梁上。摇振胸辊时，案辊部分也随之振动。

第三种（图 4-27c）：使用两个摇振箱，使胸辊和大约  $1/3$  的案辊有相同的或逐渐增大的振幅。这两个摇振箱通常是共用一个传动以同步作用。

振动胸辊和其他所有长网机的固定部件，对长网机机械变形最小。

图 4-28 所示为国内常用的摇振箱的结构。它是一种偏心式的摇振器。振幅调节范围为  $0 \sim 20\text{mm}$ 。

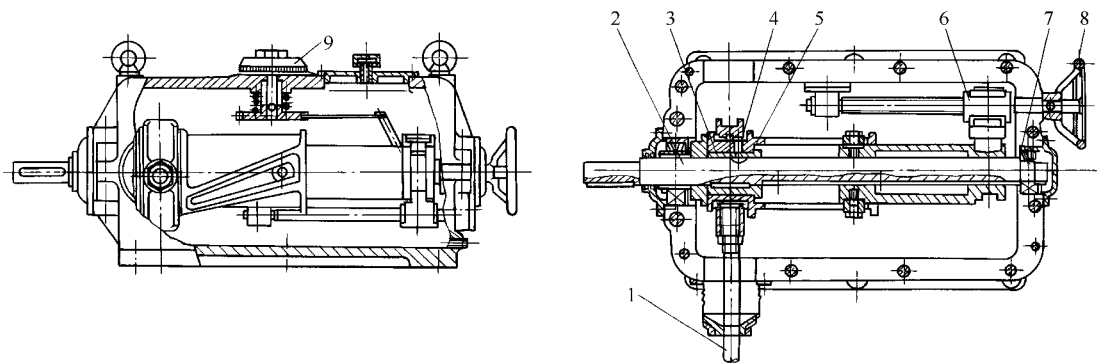


图 4-28 偏心式摇振箱

1—连杆（摇振输出） 2—主轴 3—偏心轴套 4—轴承套 5—偏心回转圆筒  
6—振幅调节机构 7—轴承 8—手轮 9—振幅指示

### 第三节 圆网成形装置

圆网造纸机的网部常简称圆网，主要由网笼、网槽和伏辊组成（参见图 4-29）。网笼浸放在网槽中，随着网笼的回转，由于网内外液位的差，浆料中的纤维等物料因过滤作用不断沉积到网笼的网面上。当纤维层通过网笼上方的伏辊时，就自网面转移到包住伏辊的无端毛毯上，从而形成连续的湿纸幅。

长网与圆网相比，各有其优缺点。长网可以高速抄造多种类别的纸张。圆网结构简单，占地面积小，投资少，多用于抄造要求较低的薄纸。多圆网的网部可以使用几个不同浆料的网槽，抄造面层和里层有不同质量的卡片纸及板纸。

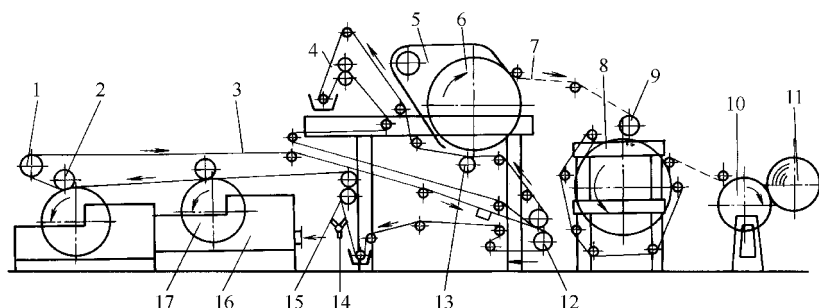


图 4-29 双网双缸造纸机简图

- 1—回头辊 2—伏辊 3—下毛辊 4—上毛辊 5—通风罩 6—第一烘缸 7—纸幅  
8—第二烘缸 9—光压榨 10—卷纸机 11—纸卷 12—压榨辊 13—托辊  
14—打毯辊 15—毛毯洗涤压榨辊 16—圆网槽 17—圆网笼

## 一、圆网的纸页成形过程

圆网的纸幅成形过程基本上是一个过滤过程。在圆网造纸机上，网笼内的白水不断排出，并与网笼外的浆液形成一定压差，由此产生的过滤现象使纤维附着到网面上，随着网笼的回转而不断地形成纸幅。随着圆网上纤维层的增厚，过滤阻力迅速加大，过滤速度逐渐变慢，纤维也越来越少的沉积到网面上。过滤的压差（即网笼内外的水位差），在抄造薄型纸张时，影响是明显的。而抄造较厚的纸张或纸板时，增加水位差对过滤速度几乎不起作用，通常只能用多个圆网，即用增加过滤面积的方法来达到所需的纤维层厚度。

在圆网上的纸幅成形过程中，无论是在何种形式的网槽上，都不同程度地发生纤维的定向、选分和洗脱的现象。

纤维的定向主要是由于纸浆与网笼之间的速度差异，纤维受到网笼回转时的牵引作用而造成的。纤维选分现象是由于细小纤维有较大的表面积和较强的吸附作用，较易于沉积和附着在网面的纤维层上面造成的。纤维被冲脱的现象是指网笼的网面上已经沉积的纤维，由于受到网槽内纸浆的冲洗作用，部分地重新回到纤维悬浮液中的现象。这种状况使部分已沉积纤维的外层被冲刷掉，冲刷量随着纸页的形成而逐渐增加。纸幅最大的沉积速率发生在成形过程刚开始的很短距离内，虽然在其余的浸没成形长度内，脱水还是继续进行，但由于频繁的冲刷效应，很少形成额外的纤维沉积。

纸幅在圆网上的成形过程十分复杂，作用于成形过程的力很多，如重力、离心力、水位差引起的压力、水的表面张力、湿纸幅与铜网之间的附着力、与浆液之间的摩擦力，以及白水和浆流的冲击力等等；影响纸幅成形的因素也很多，其中主要的有：浆料的打浆度、浓度、网槽的形式、上浆压力（白水的水位）、形成弧长、抄速等。

## 二、网 笼

网笼是圆网造纸机中纸幅在其上成形的主要部件。要求它滤水均匀，转动时不在网槽中产生过大的搅动。网笼应具有足够的刚度和准确的几何尺寸，应该水平安装。

圆网笼按结构分为：普通、片式、抽气、真空网笼；按材质分为：普通、全铜、不锈钢网笼。

图 4-30 是一种典型的网笼结构的示意图。在铸铁转轴上装有称为辐条的黄铜支撑筋装置，辐条间距为 100~150mm。辐条支撑着中心轮圈，其周边刻有槽沟，槽沟内装置长度和网笼长相同的横条。横条直径约 1cm，中心距约 4cm，与中心轴平行。横条用钢或黄铜制成，其断面可以是圆形或长方形。最外两侧的轮圈上铸有凸出的轮环，用以和网槽相应的部位形成密封，使网笼的内外隔离。在横条上按螺旋线铣出锯齿形小槽，以一根连续的直径为 3mm 左右的金属线螺旋形地缠绕在圆网笼上，便形成笼状的网笼架。相邻金属线的间隙约 1cm。最后，在铜线上先蒙上一层较粗的黄铜或不锈钢里网，再蒙上一层造纸用的较细的面网。里网和面网都是有端的网，是用专用工具绷紧在网笼架上，用银焊或电焊对接起来的。最后的总装必须十分圆整，并与中心轴同心，其刚度要足以经得住伏辊的压力而不变形。标准网笼的直径范围约 1~1.5m，常用规格是 1.2m。

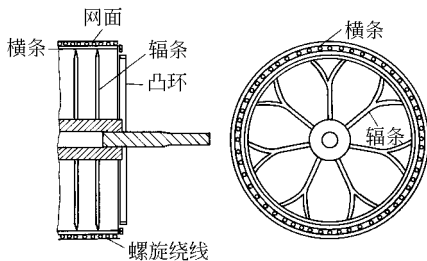


图 4-30 典型的圆网笼

网笼轴承装置在网槽外。网笼的两端与网槽的边箱相通。浆料上网后，通过铜网滤入网笼的白水，从网笼两端进入边箱，再被白水泵抽出循环使用。

此外，有些造纸厂使用优质木材（耐浸泡、少变形者）制成的网笼骨架。也有些网笼结构取消了辐条支撑，是一个完全中空网笼。

网笼的里网一般用 8~16 目，主要是用来分散伏辊的压力，保持面网平整。面网比较致密，用来过滤纤维形成纸幅，一般为 40~100 目。网目的选用主要决定于所生产纸张的品种，生产一般文化用纸最常用的网目是 65 目。

图 4-31 所示是片式网笼的一种结构形式。片式网笼即是普通网笼的外圆盘绕  $\phi 3\text{mm}$

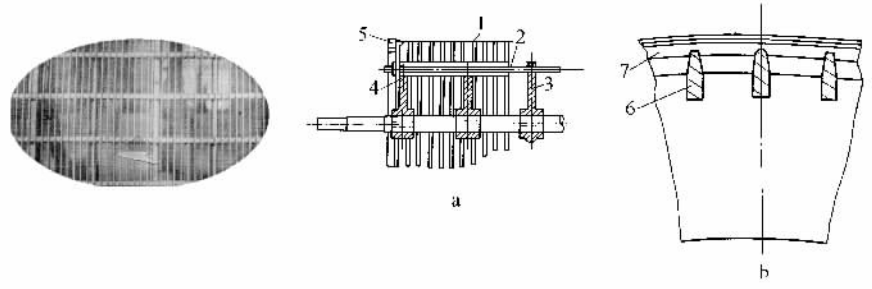


图 4-31 片式网笼

a—轴向剖面 b—圆周处的局部剖面

1—青铜环片 2—螺杆 3—辐盘 4—套管 5—端环 6—片条 7—缠绕丝

截面铜线改为矩形截面不锈钢板。其主要特点是：增加滤水面积和速度、提高产量；改善纸质量，包括匀度、克重、纵横拉力比，降低铜网、毛毯等消耗和维修费用；加强装备的整体性和防腐性能，强度高，刚性好，经久耐用。

片式网笼已开发生产的有穿片、绕片和斜片式三种片网。

### 三、网 槽

网槽结构常用木材制成，网槽圆环的主要部分有时衬以金属（常为不锈钢），有时也用



塑料材质。所谓网槽圆环是指网笼面与半圆体之间的环隙。网槽圆环必须仔细构筑，其外形必须匀称和光滑。

网槽的形式较多。沿用最久的形式是顺流式网槽和逆流式网槽。目前我国使用比较广泛的是活动弧形板式网槽，还有干式网槽、旋转式成形器和鼓式真空成形器等，在更高级些的纸机上则使用抽气式圆网等。

网槽的结构形式对纸的产量和质量的影响很大。各种网槽都有一定的特性。这些特性对某一纸种的生产可能是优点，而对另一纸种却可能并不重要。应该根据具体的生产要求来设计或选用网槽。对网槽结构设计的一般要求有：网槽中纸浆的纤维均匀分散，不结块；网槽中纸浆在幅宽上有均匀的流速；网槽的各浆道光滑平直，转角处要圆滑过渡，防止挂浆和沉浆现象；便于清洗和检修。

### （一）普通顺流式网槽

图 4-32a 所示为一个普通顺流式网槽结构。其网槽圆环内的纤维流动方向与网笼旋转方

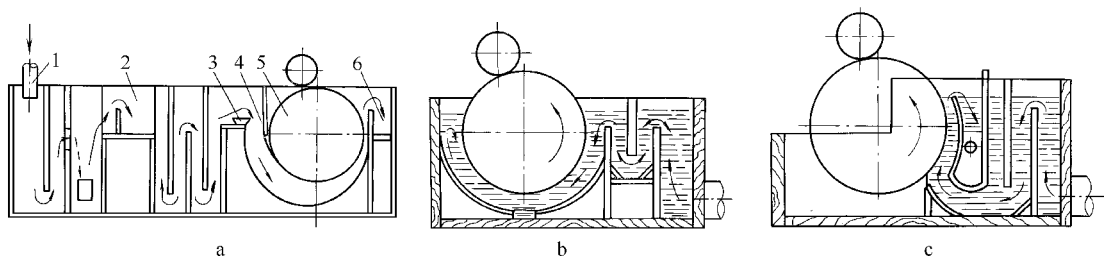


图 4-32 几种主要结构形式的网槽示意图

a—顺流式 b—逆流式 c—活动弧形板式

1—进浆 2—翻浆箱 3—喷板 4—唇布 5—网笼 6—溢流箱

向相同。浆流通过支管布浆器或锥形布浆器等布浆装置进入网槽，先在流送部分（翻浆箱）充分地混合，促使纤维均匀分散，并除去泡沫，然后溢出喷板流入网笼槽内。喷板和网笼的网面之间的距离是可以调节的，用以控制进入网槽浆料的流速。唇布（又称裙布）是一块 1~2mm 厚的胶皮，可以防止浆流直接冲到成形网表面，并使浆流改变方向，沿网槽弧形底往下流动。调节唇布位置的高低是可调的，以控制纸幅开始形成的位置。

网槽的弧形底部和网笼表面构成一个牛角形的浆道。牛角道的大小和形状对纸的质量影响很大。通常，弧形底和网笼间的距离在进浆的入口处为 130~140mm；然后逐渐缩小，在网槽的最底部为 100~110mm；到溢流箱前沿则为 70~80mm。如果牛角道过小，则浆流速度太快，容易带入空气，形成气泡；而牛角道过大时，则浆速太慢，增加浆料和网笼上已经形成的湿纸幅间的摩擦，影响成纸的匀度。

在牛角道末端设有溢流箱，以消除网槽中纤维的沉降，避免出现浓度过高的浆团。溢流箱的宽度为 100~200mm，深 200~300mm。

顺流式网槽的特点是很长的脱水弧长，可以使用浓度较低的纸浆，成纸的匀度较好，紧度较大，也较平滑。其结构比较简单，可通过喷板和唇布进行适度的调节，清洗方便。适用于各种文化用纸、一般薄纸、原纸、纸绳纸、油封纸等的抄造。

### （二）逆流式网槽

逆流式网槽基本部件跟顺流网槽相同，但浆流与网笼旋转方向相反。如图 4-32b 所示。在纸幅开始成形的地方，浆料浓度最大。网笼的转动对纸浆有一些搅拌作用，使纤维有一些

交缠，所以成纸的纵横拉力强度的比值较小；其形成的湿纸较疏松，表面有竖起的纤维，使纸层与纸层之间易于结合，因此逆流式网槽常用于多圆网抄造厚纸、浆板或纸板。

逆流式网槽的特点是对纸浆要求不严格，对性质相差悬殊的纸浆均可用同一结构的网槽，易于操作和控制。网槽结构简单，没有溢流和唇布，清洗方便。缺点是成纸匀度低，车速不能太高。

顺流网槽比逆流网槽有更好的匀度，而逆流网槽则能抄取更高的定量。因此实践上常用顺流网槽生产外层纸幅，而用逆流网槽生产中间层纸幅。

### （三）活动弧形板式网槽

如图 4-32c 所示，活动弧形板式网槽的翻浆箱部分中，在靠近弧形板处设有气泡格（或称排气格），以排出浆料之中的空气。纸浆自翻浆箱首先进入浆流的定向浆道。定向浆道由网槽底部的固定弧形槽底、唇布和活动弧形板的下部弧形组成，用来控制纸浆上网的方向和稳定浆流。随后，纸浆进入网槽的定速浆道，即活动弧形板和网笼组成的浆道。活动弧形板的曲面是以网笼中心下移 20~40mm 为圆心，比网笼半径大 40~60mm 为半径作出的圆弧。活动弧形板的中部有活动枢轴，可用螺钉顶推作水平的平移，用以调节活动弧形板和网笼表面之间的距离，借以控制纸浆的流速，适应车速和纸幅定量的要求。同时，活动弧形板还可以用网槽上沿的螺杆绕活动枢轴转动，借以改变浆道的形状，即改变浆道入口端和流出端截面的大小，以适应纸浆的性质和溢流量的大小。纸浆的溢流槽设置在活动弧形板的上端。

活动弧形板式网槽的特点是可调节性较大，适用于生产品种多变的情况；纸浆上浆压头较大，相应地有较大的脱水能力；但白水浓度大，纤维流失较多，纸张靠网的一面较粗糙。活动弧形板式网槽可以用在印刷纸、凸板纸、书写纸、一般薄纸、卫生纸、包装纸等多种产品的生产上，是目前应用较广的一种网槽结构形式。

### （四）抽气式圆网和压力式网槽

#### 1. 抽气式圆网

以上所述各种网槽一般只能适应较低车速。提高车速时，就容易发生甩浆和溜浆的现象，难以保证成纸的质量。采用抽气式的圆网，有利于提高圆网的车速。

抽气式网槽的结构如图 4-33 所示。将顺流式网槽的两边箱（即耳箱）封闭起来，把网

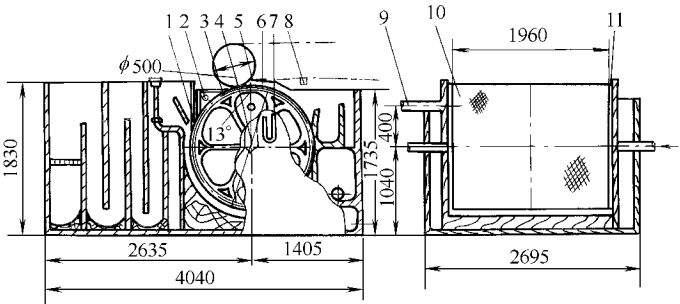


图 4-33 抽气式网槽

- 1—唇布 2—喷水管 3—胶皮布 4—伏辊 5—真空吸水管 6—胶皮布  
7—水位计真空计 8—毛毯辊 9—抽风管 10—网笼 11—毛毯垫

笼的两端挡住（网内白水通过水腿排除），网笼露出浆面的部分用胶皮布封住，使网笼的内外基本隔离开来；用抽风机在网笼内造成 0.8~1kPa 的低真空。

采用这种网槽增强网笼的滤水能力，增加纸浆在网面上的附着力，减少离心力的影响，从而提高圆网车速创造了有利条件。此外，抽气式网槽可以提高成纸的匀度，降低湿纸幅进入伏辊时的水分；减少伏辊甩水和甩浆的现象。圆网抄造的纸上常有的透明点，主要是湿纸幅离开浆面时造成，抽气式网槽可以消除这种纸病。

## 2. 压力式网槽

压力式网槽的结构如图 4-34 所示。其机理是在普通的顺流式网槽的基础上，将网槽的

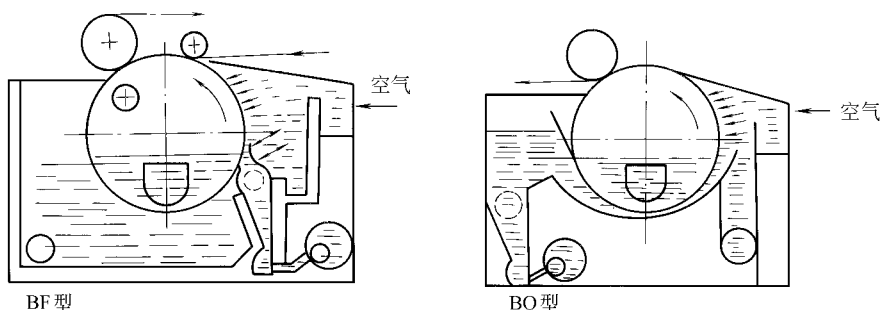


图 4-34 压力式网槽

成形部分加盖封闭，并用鼓风机送入  $400 \sim 500\text{Pa}$  最高可达  $1\text{kPa}$  的空气，进行加压。这种成形器的主要目的是改进纸幅的成形以改善纸的匀度，同时提高车速，增加产量，此外还可以清除高速度所产生的甩浆现象。

加压式圆网共有两种形式：BF 型和 BO 型。见图 4-34。

BF 型系类似我国活动弧形板型式的网槽，采用多管进浆，然后进入一扩散混合室，再通过一匀浆辊上网。成形部分加盖封闭通入空气加压。用于抄造薄页纸，设计车速为  $300\text{m}/\text{min}$ ，抄造定量为  $30\text{g}/\text{m}^2$  以下。车速超过  $200\text{m}/\text{min}$  时，网笼内需要抽气。

BO 型系顺流式网槽，也采用多管进浆，一然后进入一扩散混合室，再通过一匀浆辊进入弧形道上网。一成形部分加盖封闭通入空气加压。用于抄造多层纸板，生产高级白纸板时车速  $122\text{m}/\text{min}$ ，一般纸板可达  $160\text{m}/\text{min}$ ，每个网的抄造定量在  $30\text{g}/\text{m}^2$  以上，生产纸板时底网为  $8 \sim 12$  目不锈钢网，面网为  $55$  目铜网或不锈钢网。上浆浓度约  $0.2\%$ 。

加压式圆网的特点是脱水能力大；所抄出纸的层间结合好，不易剥离；由于成形部分有较小的正压，因此纸幅成形是过滤性质，与真空圆网比较，其纸幅网面的细小纤维流失少，纸页的两面性小；成纸的匀度比普通圆网好；纸幅的横向定量差比普通圆网抄出的纸幅有所改善；车速可提高。

## （五）干式网槽和限制性网槽

### 1. 干式网槽

如图 4-35 所示，在网槽圆环中装一个简单的密封装置，将浆料悬浮液局限在网槽圆环的较短区域内。由于抄造长度减少，降低了成形区内失控的湍动程度；同时，白水可顺畅地进入网笼，避免在网笼内部积聚起来。全机宽的横幅脱水更为均匀，从而相应地改善了横幅定量分布。逆流和顺流网槽的冲刷效应大为减少，而总的成形能力没有降低。

### 2. 限制性网槽（半网槽）

如图 4-36 所示。实际上是一个带有“空着的”半脱水的干式网槽。

## （六）旋转式成形器

旋转式成形器（见图 4-37）最初的成形是在液压下产生的，其借助于堰池调节器调节

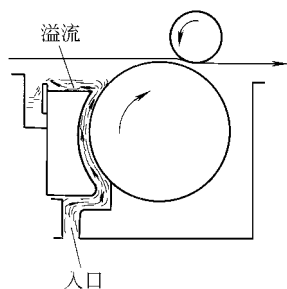


图 4-35 干式网槽

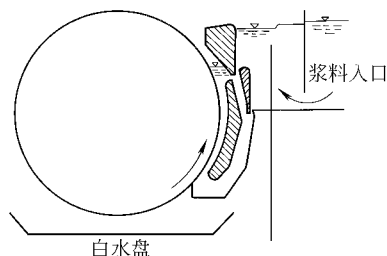


图 4-36 限制性网槽（半网槽）

浆的液位，在初成形区调节纸浆的上网速度和压力，将浆速控制到与网速一样，从而使纸页成形时的方向性大幅减少。它包括一个开口的带孔眼真空圆网，外面包覆一层粗的背网和一层细的面网。圆网内是逐渐增加真空度的可调式真空箱，使纤维进一步沉积和脱水。

大量的旋转式成形器在使用中，一般生产的层厚在 0.254mm 以上。当用真空引纸辊取代橡胶伏辊时速度可达到 300m/min。

#### （七）鼓式真空成形器

典型结构如图 4-38 所示，浆料由方锥总管经多管后转 90°，通过狭长流道进入成形区，成形区由可在运行时进行调节的“上盖”和圆网表面组成，借浆流压力和真空抽吸成形。成形区的弧形堰唇进口处为 10~40mm，出口处为 1~10mm，均可调节。圆网结构为铸铜外壳，其结构与真空伏辊相似，内装两个以上独立真空格仓的吸水箱。一般共分四个真空室，第 1、4 室为低真空室，其最大真空度 5kPa，第 2、3 室为高真空室，真空度最大为 16kPa。吸水箱的位置可在运行中进行调节。

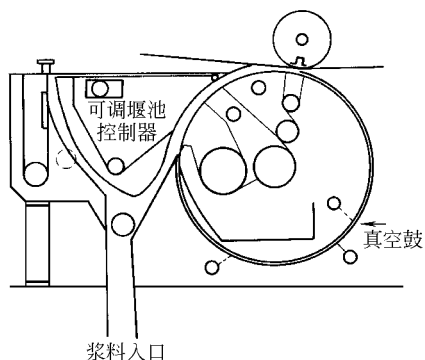


图 4-37 旋转式成形器（Sandy Hill 公司）

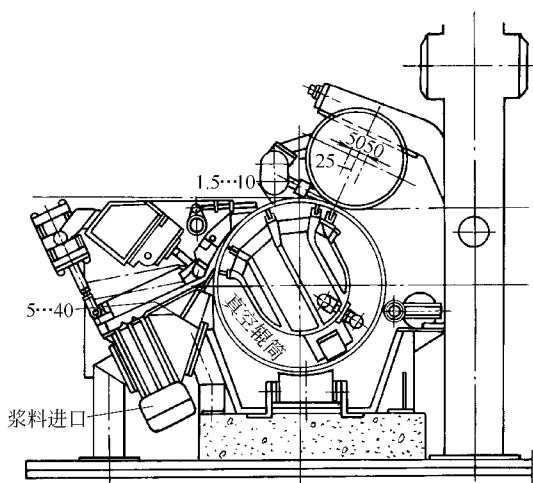


图 4-38 典型的鼓式真空成形器（Tampella 公司）

真空网笼的面网采用无端不锈钢网，套入网笼后网眼要拉斜，据称可减少真空抽吸的噪音。真空网笼没有传动，真空吸口都在传动侧。网笼是由传动侧移入移出，所用的真空泵为透平式鼓风机。

抄纸板面层的真空圆网，其上伏辊为真空上伏辊。抄中间层及底层的真空圆网，则采用普通上伏辊加吸水刮刀。

真空圆网的设计车速为 50~350m/min。上浆浓度如废纸浆时为 0.4%~0.6%，硫酸盐木浆时为 0.2%~0.3%。打浆度范围为 20~70°SR。

真空圆网的特点是：脱水量大，可采用低浓上浆，因此受游离度变化的影响小，同时纤维分布较均匀，抄出纸板的匀度好、破裂强度较大，可以实现轻定量化以节省资源；纸板的横幅定量差较小，一般可以达到±1.5%；纵横向强度比为 1:1.8，比普通圆网好；在同样条件下，真空圆网比一般超成形圆网车速高，其力比再现率高 5%~10%（力比再现率为制品强度与原料强度之比，真空圆网可达 95%）。但由于真空圆网使用真空泵多，动力消耗大，因此只用于高速纸板机。

#### （八）埃斯薄纸成形器

埃斯薄纸成形器简称埃斯圆网（见图 4-39）。埃斯圆网有圆网笼和外网，其外网除上浆成形部分外与圆网笼脱开。采用多管进浆，再经扩散混合及节流后通过一匀浆辊上网。有可调整成形间隙的弧形堰唇；有内循环溢流和搅拌器，搅拌器可调速。毛毯在伏辊前与铜网汇合，然后通过 1~2 块脱水板到接触辊和回头辊。这种埃斯圆网的脱水过程是使成形的纸幅夹在铜网和毛毯之间，经过 1~2 块脱水板进行脱水，再经接触辊和回头辊之间的压区，使出回头辊后的纸幅水分可低至 68%。

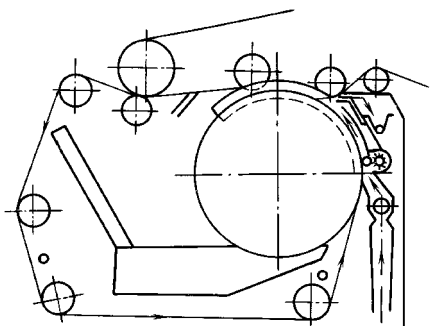


图 4-39 埃斯薄纸成形器(Ace Tissue Former)

埃斯圆网的特点是：可精确调节堰唇距离，使浆速与网速适应。因此可以得到纵横向强度差小而匀度较好的纸幅；成形湿纸幅不受离心力的影响，可较大幅度地提高车速，从 200m/min 提高到 300m/min 以上；不用或少用真空泵，因而噪音小，同时也延长了铜网和毛毯的寿命；结构较简单，运转费用较低。

### 四、伏 辊

圆网笼是由毛毯的运动带动而转动的。伏辊以一定的压力把毛毯压在网笼上，对网笼上的湿纸幅有初步的压紧和脱水的作用，并使毛毯把湿纸完整地网面揭起。湿纸幅附着在毛毯上运行，或是去下一个网笼，或是去压榨进一步脱水。

普通伏辊有包胶的和包毛毯条的两种结构。包胶伏辊是一条空心铸铁辊，其包胶层的厚度为 20~40mm，硬度为肖氏“A”40 度左右。伏辊直径 40~50cm，视纸机宽度而定。包胶伏辊较毛毯条打制的伏辊耐用，但不如后者松软。毛毯条伏辊通常由造纸厂自己加工制造。做法是先将毛毯剪成一块块宽度约 200mm 的矩形毛毯条，然后把毛毯条的中心线与伏辊的木质辊芯中心线倾斜 10°左右，把毛毯条一块紧贴一块地用铁钉紧钉在木质辊芯上。这种毛毯伏辊能使毛毯均匀地与网笼挤压，不致造成压溃和压花的现象，特别适宜于抄送定量 20g/m<sup>2</sup> 以下的薄纸。但是，毛毯伏辊使用一段时间后，因浆料中细小纤维、填料、胶料等渗入，逐渐硬化，通常只能使用 3~6 个月。

伏辊在网笼上的加压装置可采用机械杠杆或气动系统，有时也用真空伏辊。伏辊加在湿纸幅上的线压力是很低的，约为 19.6~76.4N/cm。

伏辊的安装位置影响到湿纸幅的脱水效果。通常伏辊相对网笼中心的铅垂线有一定的偏移，伏辊朝毛毯移动方向偏离中心，并压到约网笼直径的 1/4 处，这样使毛毯能够首先与网

面接触，依靠毛毯的张力形成对湿纸的预压作用，有利于防止压溃纸幅。伏辊的偏移一般为 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。为了使伏辊挤出的水分顺利排除，防止倒流，在毛毯进入伏辊的部位设置挡水帘，把水分从毛毯两侧引出。排除伏辊压区积水的装置称为鼓堰。

伏辊要注意保持和网笼平行，否则容易使铜网或毛毯跑偏，加速它们的磨损。

## 五、超级圆网成形器及特超级圆网成形器

所谓超成形圆网成形即是在保持圆网结构简单特点的同时，利用长网造纸机的上浆原理，去掉网槽，代之以喷浆上网的成形方式。在国外，超成形圆网多用来代替普通圆网生产纸板。使用 $6\sim 7$ 个超成形圆网的板纸机车速达 $150\text{m}/\text{min}$ 左右，而且纸板的均匀度、拉力比、挺度比都较一般的多圆网纸板机生产的纸板为好。在国内，超成形圆网曾试用来生产 $40\text{g}/\text{m}^2$ 牛皮包装纸，车速达到 $100\text{m}/\text{min}$ 以上。

超成形的结构类型有普通超成形、超级超成形、超成C型和超成T型。

### （一）普通超成形

如图4-40所示。超级成形器实际上就是一个带附属流浆箱的圆网机。超成形圆网主要是由流浆箱和真空网笼组成，流浆箱的结构和长网纸机的流浆箱基本是相同的。真空网笼和抽气式圆网的结构类似，真空度为 $1\sim 2.5\text{kPa}$ 。利用流浆箱将纤维悬浮液送上圆网顶部的成形网上，在很短的网面上快速脱水和成形，然后进入网笼和毛毯之间的压力楔形体，受到逐渐增加的压力，进行挤压脱水。在最大脱水点会产生细小的湍动，这对层间结合与匀度均是有利的。最后，形成的湿纸幅随毛毯进入下一圆网或是去压榨部。

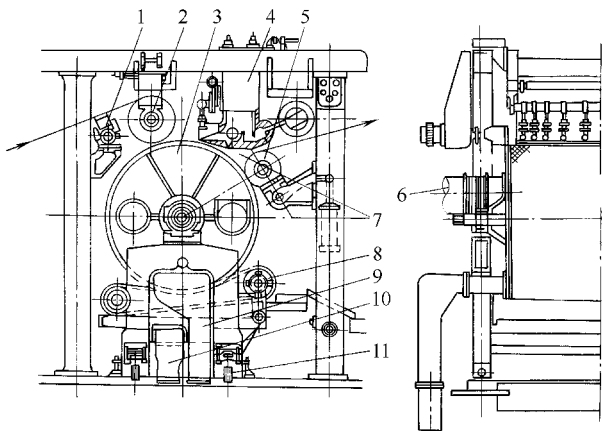


图 4-40 超成形圆网

- 1—吸水箱 2—成形辊 3—抽气网箱 4—流浆箱 5—伏辊  
6—抽气管 7—冲水管 8—支承带 9—排水管  
10—白水盘 11—移出装置

普通超成形结构简单，操作维护方便，成纸匀度质量很好，但由于离心力和甩水效应，使速度受到限制。普通超成形用于中、低速纸板机上。其最高工作车速为 $200\text{m}/\text{min}$ 左右。

### （二）超级超成形器

如图4-41所示。它是在普通超成形的基础上，以一张小网代替了旋转的成形区，采用多管气垫流浆箱喷浆在短长网上成形。它保留了圆网成形部优点，同时吸取了长网抄造和夹网成形的特点。

超级超成形器的短长网区段为成形初段，其长度根据工艺要求来确定。真空吸水箱、片式网笼为真空脱水和压力脱水区段，在真空吸水箱区段中，不会有长网纸机那样很明显的水平线，随后干度为 $3\%\sim 4\%$ 的湿纸幅进入一个网和毛毯的夹区内进行复合、脱水，一边脱水边复合，此时湿纸幅脱水的动能来自于毛毯的原始张力。这一机理和夹网成形很相似，湿纸幅在脱水时不会因为湍动而产生纤维移动。

当湿纸幅进入到片式网笼区段时，实行的是过滤脱水。在湿纸幅的脱水方向有着二层滤

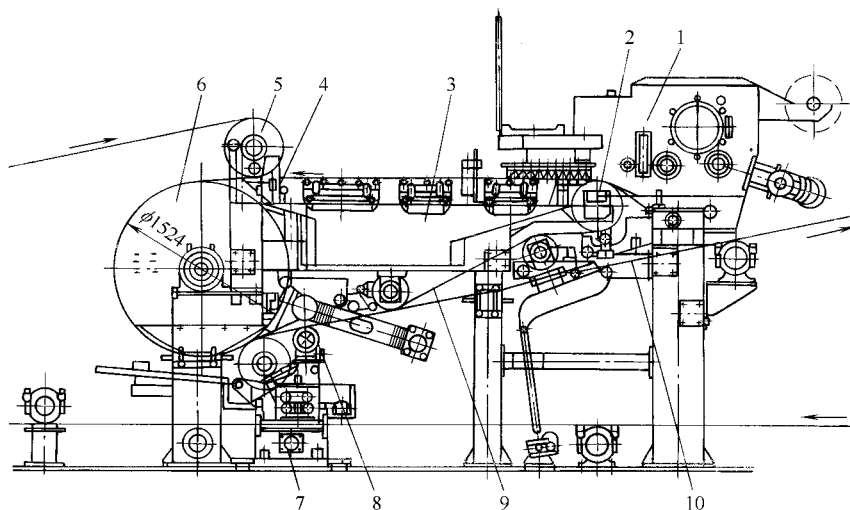


图 4-41 超级超成形器

- 1—流浆箱 2—胸辊 3—脱水板箱 4—真空吸水箱 5—回头辊  
6—片式网笼 7—伏辊 8—真空堰刀 9—短网 10—带纸毛毯

水网，片式网笼的表面是 8 目的衬网，在衬网的外面是 60 目的短长网，这种双层网的过滤脱水对保留短小纤维是有利的。

而当湿纸幅脱离片式网笼区段时，实行的是机械脱水。这是集脱水和增加层间结合力的一个重要过程。在这个压区中，尽管施加的“线压”不是很高，一般不超过  $5\text{ kN/m}$ ，但由于伏辊包覆的橡胶硬度很低，使伏辊与片式网笼形成了面接触而非线接触，从而既能够保证有效的脱水又保护了湿纸幅不受损伤，同时也保持了湿纸幅相对短长网的剥离性。

超成形器的网面脱水和片式网笼下的机械脱水是该成形器的两个重要的脱水区域。

在机械脱水区域内首要解决的关键问题是：经过压区的湿纸幅不被回湿。所以，在这个楔形区内设置快速排水装置——真空堰刀。真空堰刀装置相当于带换形吸口的真空吸水箱。

超级超成形是一种高速的纸板成形器，最高工作车速达  $600\text{ m/min}$ ，适应的抄造定量范围为  $125\sim 800\text{ g/m}^2$ 。抄出的纸板具有较好的横向定量和水分分布，层间结合力好。

### (三) 超成 C 型成形器

如图 4-42 所示。气垫流浆箱喷浆在成形辊部位的毛毯上，并立即进入外网和毛毯形成的夹区，利用成形辊的离心力脱水。可以节省动力，适应高速运转，最高工作车速为  $500\text{ m/min}$ 。抄出的纸板层间结合好。

### (四) 超成 T 型成形器

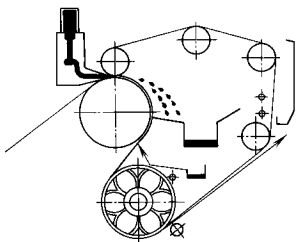


图 4-42 超成 C 型成形器

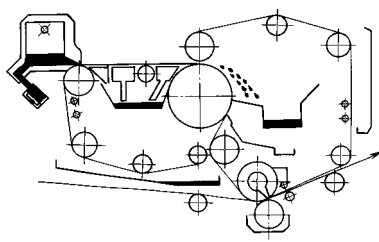


图 4-43 超成 T 型成形器

如图 4-43 所示。又称为超级双网成形器，是在超级超成形的基础上再加一外网，夹着湿纸幅在伏辊处利用离心力脱水，是一种夹网形式的高速成形器，最高工作车速为 500m/min，适用于抄造多层纸板的面层。它也可以装设在长网纸机上。

## 第四节 夹网成形器

### 一、概 述

夹网成形器代表流浆箱射流喷入两张汇聚网子之间的一类成形器。在普通长网或圆网上成形的纸幅，纸幅沿厚度方向上不是均匀一致的，纸幅的网面和毯面的纤维组分和交织状态都不相同，由此造成纸幅的两面有不同性能（如印刷性能方面，纸的毯面较容易掉毛）。由于夹网成形器是两面脱水，在不同程度上克服了上述缺点，使成纸的两面具有接近相同的性能，纸幅的外表面具有较好的纤维交织状态，纸幅的物理性能和定量都更均匀；同时与传统的单面脱水相比，可以使脱水速率增加 4 倍左右。成形器的另外一个优点是封闭成形，悬浮体在成形器内不存在暴露的空气中的自由表面。由于夹网成形器的脱水能力满足了高速纸机的要求，而且其成纸性能优异，因此它渐渐在高速纸上占据了统治地位。

夹网成形器术语本身并不表示任何脱水机理，只是表示最初进浆时的状况。

夹网成形器的结构形式很多，从其安装的位置分为水平式、立式和倾斜式；按其最初所使用的成形脱水元件分为三种主要的夹网成形器（图 4-44）为：夹网刮板成形器、夹网辊筒成形器和夹网辊筒—刮板成形器。

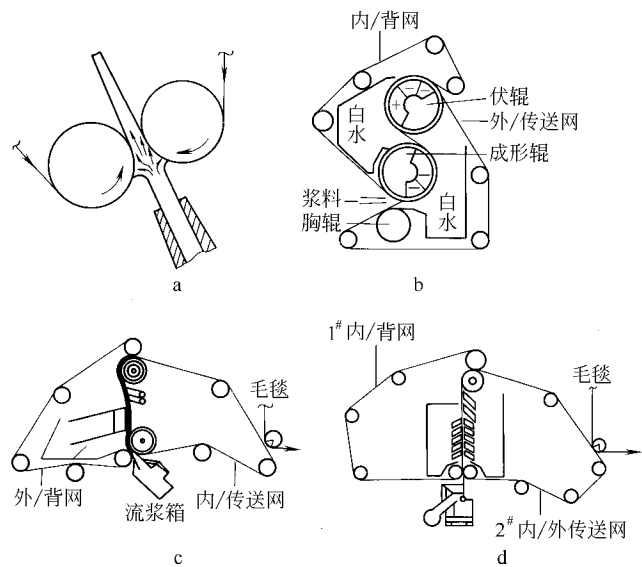


图 4-44 夹网成形器的几种结构类型简图

a—夹网成形器    b—夹网辊筒成形器（Dominion 工程公司）  
c—夹网刮板成形器（Black Clawson 公司）    d—夹网刮板—辊筒成形器（Valmet 公司）

### 二、夹网刮板成形器

夹网刮板成形器的机理是以刮板进行最初的脱水，其结构简图见图 4-44c 所示。



夹网刮板成形器的纸幅成形和脱水过程可以分为三个区段：楔形区、压力区和真空区，其中楔形区和压力区是主要的成形区段。

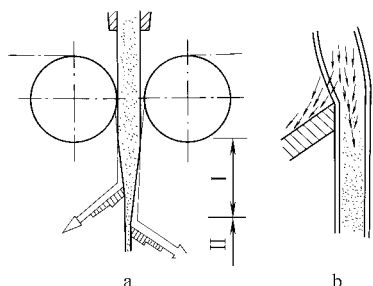


图 4-45 夹网刮板成形器上纸幅的成形

a—楔形区的脱水 b—刮板的脱水

I—楔形区 II—压力区

如图 4-45a 所示楔形区是两张成形网逐渐收敛的区段，纸幅最外层的表面主要是在这一区段成形的，它直接影响到纸的表面性能。一般认为，离开流浆箱唇口浆流中的微湍动流型可以保持到形成纸幅的表层，它赋予纸张表面纤维层充分交织和细致的结构，从而获得良好的印刷性能。可以通过移动胸辊和刮板（标准刮板或真空刮板或弧形刮板）来调节楔形区的几何形状（主要是收敛角），从而使浆料保持适宜的脱水率。该楔形区一般较短，在浆料浓度达到  $1.4\% \sim 1.5\%$  后便进入压力区。

如图 4-45b 所示压力区内浆料的脱水是靠刮板把成形网压弯来实现的。刮板兼具压网成形和脱水作用。在标准刮板和真空刮板上存在脉冲情况（跟在带案板的长网机上那样）。在刮板尖端附近有较大的脱水压力，可以稳定和压实已经成形的纸层，同时刮板又可在浆料中引起适度的微湍动，对絮凝块形成剪切作用，有利于获得均匀成形的纸幅，但对留着率则产生负面效应。

当浆层的阻力增加，如果继续使用脱水剧烈的刮板时，会造成过多的细小纤维和填料流失。因此，继刮板之后使用脱水较缓的真空吸水箱。

真空区段包括垂直区段和水平区段上的真空吸水箱和真空伏辊，用较缓和脱水的方法使纸幅达到  $14\% \sim 16\%$  的干度。

图 4-46 所示为一台夹网刮板成形器的结构简图及其脱水分配图。

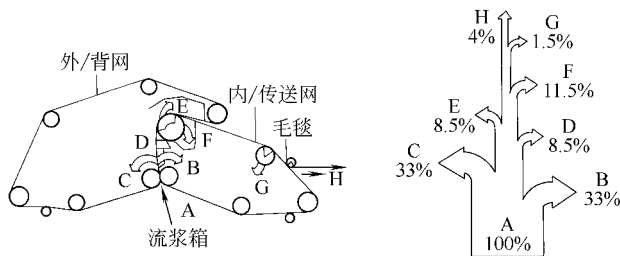


图 4-46 夹网刮板成形器的结构简图及其脱水分配图

下面介绍一些夹网刮板成形器的应用实例。

#### (一) 立式夹网刮板成形器

图 4-47 是一台抄宽 4200mm、抄速 610m/min 的立式夹网刮板成形器结构简图。

立式夹网抄成的纸幅具有较均匀的表面，网痕较普通长网为轻，两面差别少，不易卷曲。其通常用来抄造中等定量的纸种，车速  $250 \sim 750\text{m/min}$ 。

#### (二) Bel Baie II 型夹网成形器

这是一种性能较好的曲面立式夹网成形器，其特点是有一个半径约 5m 的弧形成形区，如图 4-48 所示。二号网内装有弧形的成形板（成形板面是由多条相距约 150mm 的刮水板组成）和弧形的低真空度湿吸箱，一号网则是在一定张力下自由浮动。浆料在弧形的成形区内可借助离心力进行脱水。

集流式流浆箱位于夹网的下部，纸浆自下而上喷到两网的汇合处。集流式流浆箱的整流飘片几乎是延伸到唇板的开口处，使纸浆在开始脱水之前具有充分的微湍动，促进纸幅均匀成形。纸浆进入成形区后，最初是受到两网的挤压脱水。成形辊起着支承网和控制网间距离的作用，并且把最初脱水的水分排除。随后，纸浆贴在一号网的一面借助离心力脱水，而在二号网的一面则由弧形成形板、湿吸箱和真空伏辊进行脱水。两个网的脱水量大致相同，并且脱水强度是逐渐增大的。形成的纸幅在真空伏辊上吸引到二号网上，然后用真空吸移辊吸移到引纸毛毯上并送到压榨部。

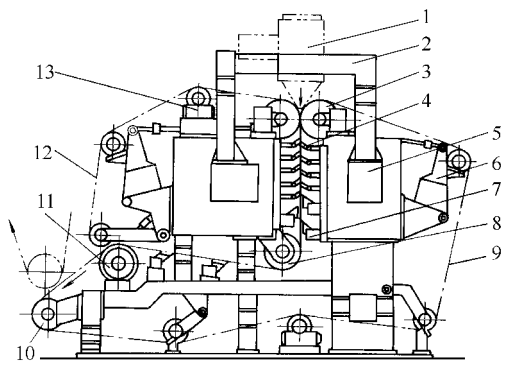


图 4-47 立式夹网刮板成形器简图

- 1—流浆箱 2—可悬臂的梁 3—胸辊 4—导向板  
5—主悬臂梁 6—气动铜网张紧器 7—真空脱水箱  
8—普通伏辊 9—传送 10—驱网辊 11—真空伏辊  
12—背网 13—气动铜网校正器

Bel Baie II 型夹网成形器生产的纸幅有良好的成形和匀度；由于脱水时间较长，有利于降低薄型纸的针眼和气孔；网和刮水元件之间的接触压力较小，可以减少其磨损和降低网部动力消耗。它可以用于生产新闻纸、低定量电话簿纸、涂布原纸、无磨木浆印刷纸和书写纸、瓦楞原纸等，抄速为 400~1200m/min。

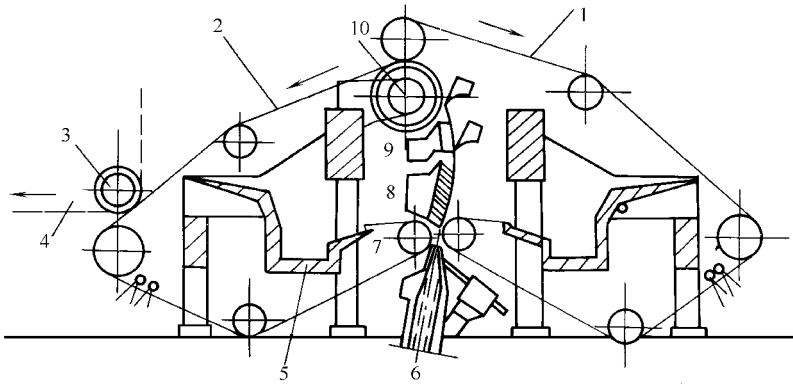


图 4-48 Bel Baie II 型夹网示意图

- 1—一号网 2—二号网 3—真空吸移辊 4—毛毯和纸幅 5—白水槽  
6—集流式流浆箱 7—成形辊 8—成形板 9—湿吸箱 10—真空伏辊

### 三、夹网辊筒成形器

#### （一）夹网辊筒成形器的结构及优点

如图 4-44b 所示，夹网辊筒成形器的机理是以辊筒进行最初的脱水。在这类夹网成形器上，浆料是在相对平静和没有扰动的情況下脱水。据称纸幅是在浆料和成形网间基本没有相对运动的条件下成形。

夹网辊筒成形器有两张成形网，纸幅是在胸辊、成形辊和真空伏辊组成的区间上成形和脱水的。成形辊的结构类似于真空伏辊，表面有较大的储水沟槽。纸浆自喷浆口喷出后，在胸辊和成形辊之间的两网所夹的网段上形成一个浆液楔子。浆料与网接触之后立即开始脱

水，并在网面形成纸层。由于两个网在成形辊上是做高速的圆弧运动，水分在离心力作用下甩出网外。在成形辊内有约 1kPa 的真空度，水分又部分地被吸入到成形辊面的沟槽内。纸浆两面快速脱水的结果，在经过成形辊上  $150^\circ$  左右的弧长后，纸浆浓度从上浆时的  $0.7\% \sim 0.8\%$  提高到离开成形辊时的  $7\% \sim 8\%$ 。如果成形辊直径为 1200mm，成形弧度为  $90^\circ$ ，车速为 600m/min 时，纸幅的成形时间约 0.09s。由于纸浆两面的脱水量接近于均等，保证了成形纸幅的两面一致性。

湿纸幅在两个网夹持下进入伏辊后，先经过一段具有  $7 \sim 20\text{kPa}$  压力的正压区，目的是促进水分在离心力作用下经上网侧排出。接着进入一个较窄的无压平衡区，进入真空区继续脱水。第一真空室较宽，真空度约 3kPa；第二真空室较窄，真空度约 5kPa。湿纸幅离开伏辊的干度达 20% 以上，足以用真空吸移辊传递至造纸机的压榨部。

图 4-49 为一台夹网辊筒成形器的结构简图及其脱水分分配图。

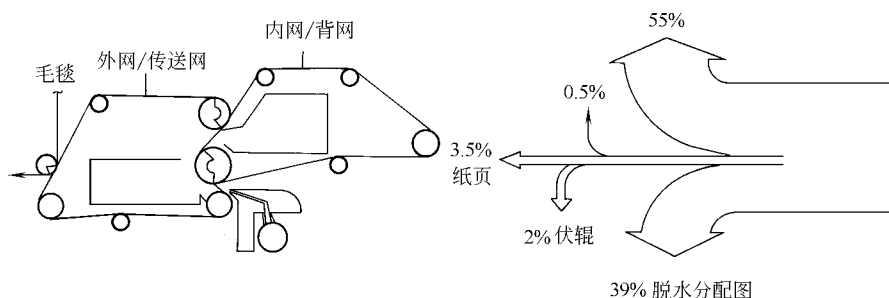


图 4-49 夹网辊筒成形器的结构简图及其脱水分分配图（Voith 公司）

辊筒成形器抄出的纸页正面（上）和网面（下）的灰分（和细小物质）含量基本相等。因纸幅在辊筒成形器的中心部分灰分（和细小物质）含量很高，Z 向张力可能会减少。

改善匀度的主要手段是流浆箱选择、稀释度和剪切力。夹网辊筒成形器由于没有脉冲装置，以及浆料的快速再絮凝，有可能产生软絮凝物及使纸页有粒状匀度。此外，分散均匀的流浆箱来浆对夹网成形器来说是至关重要的，因为射流（喷浆）几乎立刻被定位和形成纸页，所以喷射角也比长网机的更为重要。

夹网辊筒成形器的优点是：传动功率低，网子寿命长，可靠性好，有提高车速潜力，纸幅两面差较小，印刷性能好。缺点是：流浆箱浓度较高，纸张针眼较多，内结合力差，存在粒状匀度。

夹网辊筒成形器现在用于抄造采用高度稀释纸浆的高速、低定量纸页，如薄型纸等。

## （二）夹网辊筒成形器的应用实例

### 1. 巴白列成形器（Papri-former）

巴白列成形器是属于无静止脱水元件（如案板、吸水箱等）类型的夹网辊筒成形器，其结构如图 4-50 所示。

巴白列成形器的关键部件之一是成形辊。成形辊的外径和造纸机的幅宽有关，通常为 760~1220mm。辊壳用不锈钢制造，外面覆盖有 20mm 厚的胶层。成形辊表面胶层上铣有新型沟槽并钻孔（图 4-51），沟槽的容积应大于纸浆在成形辊这一面脱出水量的体积。成形辊包胶层外套有 12 目的不锈钢网。网的经纬是斜织的，套入辊面后，向两端拉伸并用对开的箍环固定后，便紧紧地固定在辊筒上。成形辊可以被成形网拖动，不一定需要单独的传动。成形辊对纸浆喷入角度、落网点不像板式那么敏感，更便于操作和掌握。

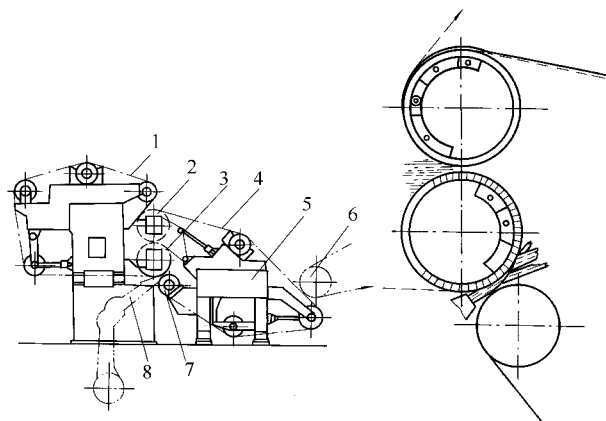


图 4-50 巴白列成形器

1—上网 2—真空伏辊 3—成形辊 4—下网  
5—换网时可悬臂梁 6—真空吸移辊 7—胸辊 8—流浆箱

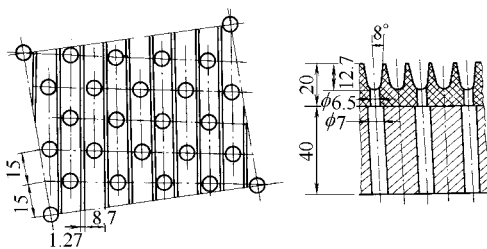


图 4-51 成形辊包胶层的结构

巴白列成形器上没有与成形网发生滑动摩擦的固定脱水元件，成形网的使用时间很长（尼龙网运行 200d 以上），消耗的传动功率小（为普通长网的 1/4 或更少），操作方便。此外，短纤维流失率低，纤维保留率高，成纸的两面差小。

## 2. 薄型纸成形器

现代薄型纸成形器属于夹网辊筒成形器，其脱水区有“C”或“S”形结构。因此常称之为“C”成形器或“S”成形器。

(1) “C”成形器 图 4-52 为一台带“C”形脱水区的夹网辊筒成形器及其脱水分配图。成形辊可为单面脱水的实心辊或抽真空进行双面脱水的真空成形辊。因此，与巴白列成形器一样，“C”成形器的关键部件是成形辊。

在使用二次纤维或含损纸的纤维时，要考虑杂质的问题（特别是粘状物）。在许多系统中，或许是由于接触时间长和滤水率较低，杂质常与成形网粘在一起。虽然不会产生很多

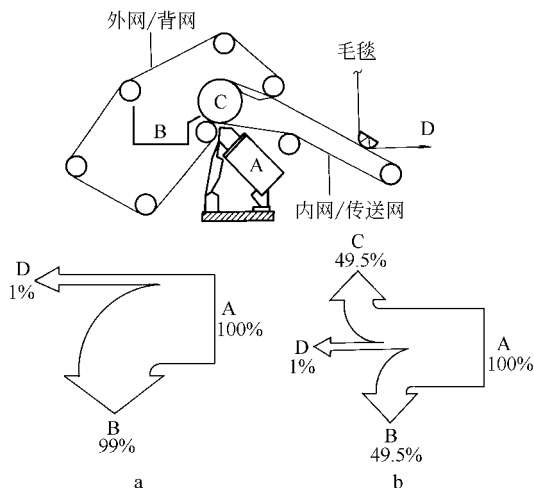


图 4-52 “C”形结构的夹网辊筒成形器及其脱水分配图（Beloit 公司）

a—采用实心成形辊的脱水分配图  
b—采用真空成形辊的脱水分配图

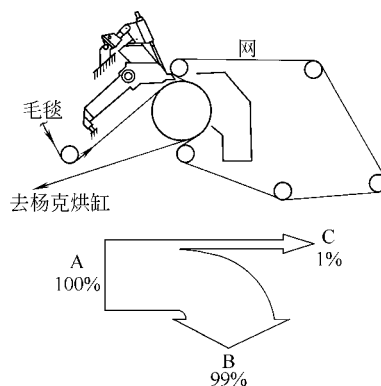


图 4-53 新月形成形器及其脱水分配图（Beloit 公司）

针眼，但也要注意某些纸浆流送系统的杂质有跟着外网/背网走的倾向。使用真空成形辊会影响杂质的去向。所有使用回收损纸的薄型纸机都对其纸浆中杂质较敏感。

许多薄型纸机配有分层式流浆箱以处理不同纤维成分的纸浆。在图 4-52 中，如果使短纤维纸浆靠近成形辊，而长纤维纸浆则在另一面，这样短纤维就得穿过长纤维脱水，这样有利于提高留着率。

图 4-53 为一种新月形成形器及其脱水分配图。该成形器是“C”形成形器的发展。由于使用特殊设计的流浆箱及网和毛毯的应用，增加了生产能力。新月形成形器在国内已有应用。

(2) “S” 成形器 图 4-54 为一台带 S 形脱水区的夹网辊筒成形器及其脱水分配图。这

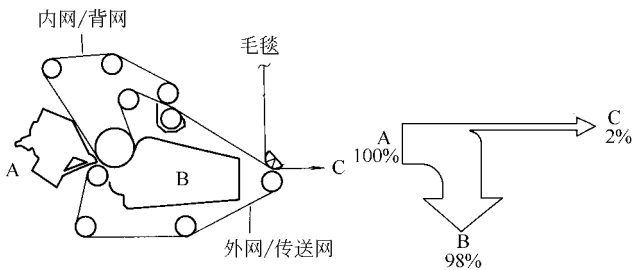


图 4-54 “S” 包绕的夹网辊筒成形器及其脱水分配图 (Valmet 公司)

种结构基本上与巴白列成形器类似。与“C”成形器比较，其外网/传送网也是主滤水网，在排列上外网与内网调换了位置，流浆箱也从右侧调换到左侧位置，整个结构形状就从“C”形变为“S”形了。

由于薄型纸成形器对成形网和毛毯的质量很敏感。清洗及调整处理成形网和毛毯就极为重要，必须使其保持最佳使用状态，因此，内喷水管、外喷水管、液压区喷水管和清洗刷子等都是基本的设备。

#### 四、夹网辊筒—刮板成形器

夹网辊筒—刮板成形器又称为成形辊脱水板缝隙成形器，可用于绝大多数纸种的生产。这种成形器使造纸机车速提高到 2000m/min 以上。

夹网辊筒—刮板成形器的机理是以刮板和辊筒两者联合进行脱水。现代新式高速夹网纸机成形器的开头，都是成形辊（带真空）大量脱水后，进入带低真空的弧形多片脱水板箱，有时并配以相向的可调脱水板若干片，最后经过多室真空吸移箱，使纸页牢固地吸着在底网或内网上。在初步成形以后，通过上、下两面的脱水板，特别是可以通过底座有压缩空气压力调节的可调脱水板的作用，能通过上、下交错的脉冲，使夹在两网中间的浆流受到水力脉冲的作用，一方面双向脱水，一方面保持一定的湍动而防止絮聚，从而得到较好的中间纸层的匀度。这种成形器可明显提高纸张产品质量。对于提高纸张均匀性、两面一致性，改善纤维定向、Z 向结构、表面性能，提高细小纤维和填料留着率，提高纸张内结合强度、抗张强度，消除各类纸病等方面，都是目前最佳的成形器之一。

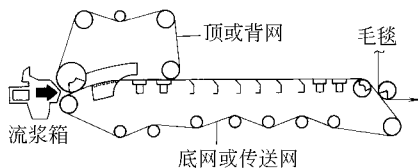


图 4-55 水平式夹网辊筒—刮板成形器 (Valmet 公司)

夹网辊筒—刮板成形器有立式和水平式两类，图

4-44 所表示的是立式的, 图 4-55 为水平式夹网辊筒—刮板成形器简图。

另外, Valmet 公司的 Qpti 成形器, Voith Sulzer 公司的 TQ 成形器也可属于夹网辊筒—刮板成形器类型。分别如图 4-56、图 4-57 所示。

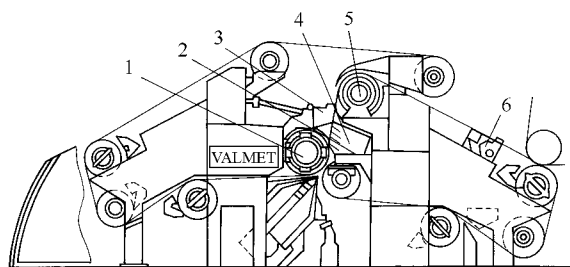


图 4-56 Opti 成形器

1—成形辊 2—气液分离装置 3—多叶饰靴型构件  
4—可承载脱水板 5—双室真空伏辊 6—高真空平面吸水箱

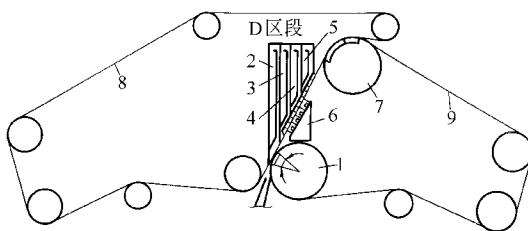


图 4-57 TQ 成形器 (Voith-sulzer 公司)

1—成形器 2—气液分离区 3—第一真空脱水区  
4—第二真空脱水区 5—第三真空脱水区  
6—可承载脱水板 7—双室真空伏辊  
8—顶网 9—底网

## 五、夹网成形器的有关性能

高速运行下的成形器, 特别是当车速超过 2000 m/min 时, 在工艺技术、机械、自动控制等方面都出现了许多新课题。具体如下:

(1) 必须合理配置脱水元件。为保证纸页具有一致的两面性质, 应使顶网和底网两面的脱水量相等。这样就要做到两面的脱水元件脱水能力相同, 并且能随意调整操作参数控制两面的脱水比例达到最佳要求。

(2) 成形过程中湿纸页在各脱水构件后的干度必须分配得合理。成形辊后的湿纸页干度为 2%, 多叶饰靴型构件后或 D 区段后的干度为 6%~8%, 离开成形器送入压榨部的湿纸页干度应达到 17% 以上。离开成形器的湿纸页干度, 取决于湿纸页通过最后一个脱水构件之后所发生的再湿程度。

(3) 由于车速的提高, 必须对带入纸浆中的空气予以足够的关注。混入纸浆中的空气主要有两个来源, 一是白水中的空气, 通过用白水混合稀释纸浆时带入; 二是在纸浆喷射上网的成形缝隙处被抽入的空气混入纸浆中, 并且随车速的提高被抽入的空气量增多。其解决方法有: 一是对混合稀释纸浆用的白水进行气液分离; 二是在成形辊后设置除泡沫或气液分离装置; 三是把成形器设计成直立式, 最大限度地减少带入的空气量。

(4) 在真空成形辊成形区段中, 由于车速的提高, 离心力也随之增大。为降低离心力对纸页成形的影响, 应采取如下一些措施: 一是要适当提高上网纸浆浓度, 减小流浆箱唇板开度, 降低成形缝隙中的湿纸页厚度; 二是要选用具有足够强度的成形网。

流浆箱堰板的射流喷入两张网之间的聚敛形隙缝中, 其最初脱水可以在一个或两个方向发生。脱水作用是借两网张力与网外脱水元件所引起的压力而造成。随着在两网面上的浆层的积聚, 脱水阻力增加, 纤维悬浮液中的压力也随之增加。成形区域的长度除两网张力与脱水元件配置外, 还与纸机速度、定量和浆料游离度有关。分散均匀的流浆箱来浆对夹网成形器来说是至关重要的, 因为射流(喷浆)几乎立刻被定位和形成纸页, 所以喷射角也比长网机的更为重要。

## 第五节 复合型成形器

### 一、引言

复合型成形器又称改型或预成形器。其特征是以长网机为基础，在进入双网成形前有一段“敞网”抄造的预成形区。在双网成形区段中，纸浆悬浮液经受到脱水的压力，该脱水压力是来自辊筒上的网张力、弧形表面、刮板等脱水器件。

长网机上的成形过程是一个阶梯过滤过程。纸浆在靠网面部分的浓度很高，而其表面的浓度接近流浆箱的浓度。如果没有网案的高度扰动，纸浆层表面会出现严重的再絮凝。大多数复合型成形器借在引入第二张网的交接处所产生的高剪切力来改善这种状况，从而改善了纸页的匀度，改进两面性、减少掉毛。

复合型成形器可消除或减少流浆箱的浆道，这是由于纸浆在成形网案上有更多的机会去拉平和“处理”这些浆道。由于有一段“开放网面”抄纸，其车速可能受到限制。它们也有可能预防高速分层的现象。

与夹网成形器比较，复合型成形器的优点有：浆道很少，在改进单程留着率的基础上有相等或更好的匀度，网子和部件的清洁问题较少，大幅度提高脱水能力，价格上可以承受。

双网抄纸现在主要用于低定量、高速纸种，大多数双网成形器都不在低于 457m/min 的车速下运行。

常见复合型成形器有复合型辊筒成形器、复合型刮板成形器、复合型“C”成形器，具有可调特征的顶网装置及向上脱水和可调节的叠网装置等。

### 二、复合型辊筒成形器

图 4-58 为一类复合型辊筒成形器及其脱水分配图。

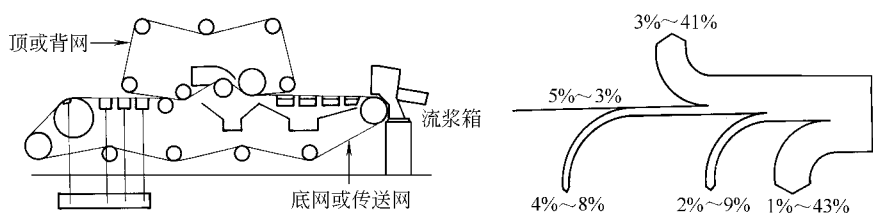


图 4-58 复合型辊筒成形器及其脱水分配图（Sulzer Escher Wyss 公司）

### 三、复合型刮板成形器

图 4-59 为一类复合型刮板成形器及其脱水分配图。

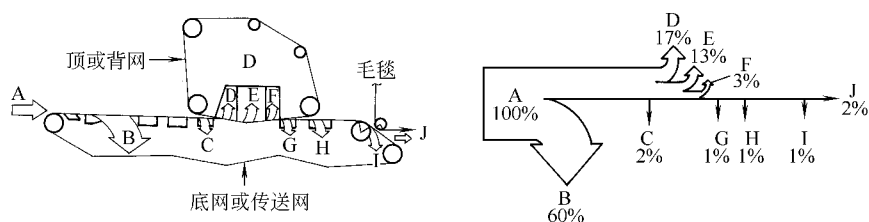


图 4-59 复合型刮板成形器及其脱水分配图（Beloit 公司）

## 四、复合型“C”成形器

复合型“C”成形器（见图 4-60）在两面都带有刮板成形，并有适度的辊筒成形。进入两网间压区的经过预成形的纸页，用下刮板、空心辊筒脱水，并进一步用上刮板和下刮板脱水和消除絮凝。上刮板有一个延伸部分，它沿着空心辊筒弯曲，允许成形器很慢地运行，速度可慢到 122m/min。在低车速下，空心辊筒和挡水板的作用很像一个“桨叶轮”，把脱除的水转圈送到白水盘。该装置需要传动，但因它紧凑轻巧，稍做结构改变，就可装在大多数长网机的上面。最重要的是它具有更多的灵活性。刮板和辊筒可在运行中调整，如果需用长网机生产某些纸种时，可将整个装置吊升起来。这种成形器还有其他各种结构，可以满足多种的需要。

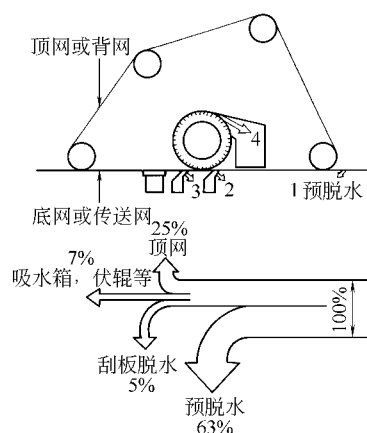


图 4-60 复合型“C”成形器及其脱水分布图（Black Clawson 公司）

## 五、具有可调特征的顶网成形器

图 4-61 所示是一台具有可调特征的顶网装置的成形器及其脱水分布图。

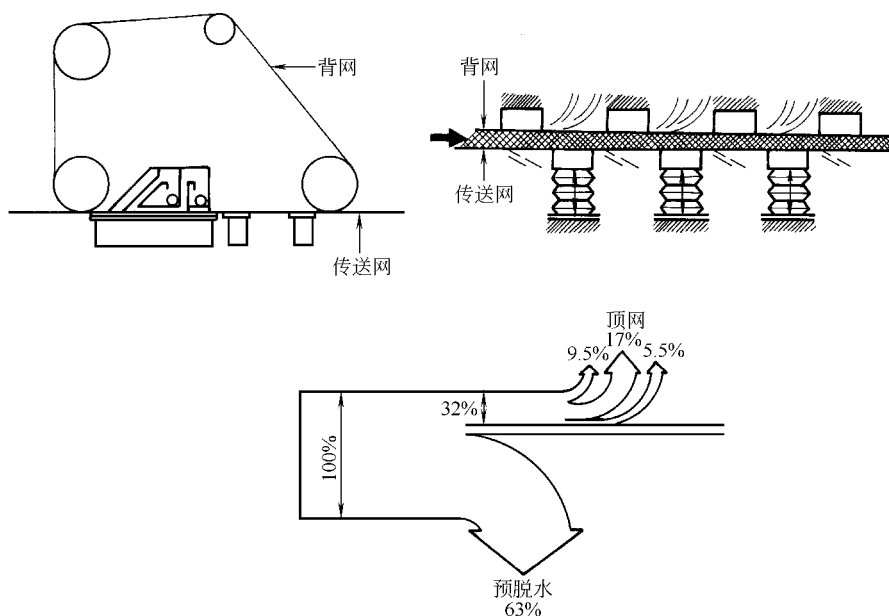


图 4-61 具有可调特征的顶网装置及其脱水分布图（Voith 公司）

## 六、向上脱水和可调节的顶网装置

图 4-62 所示为向上脱水和可调节的顶网装置。其顶网运行含有配制自动堰板的多格仓倒装真空刮板箱。该刮板箱与下刮板箱的刮板“相啮合”，并可垂直调节（底网下含有多个可独立控制的横向加压装置）。这些啮合面产生压力脉冲，且只是向上脱水，由此改善了纸



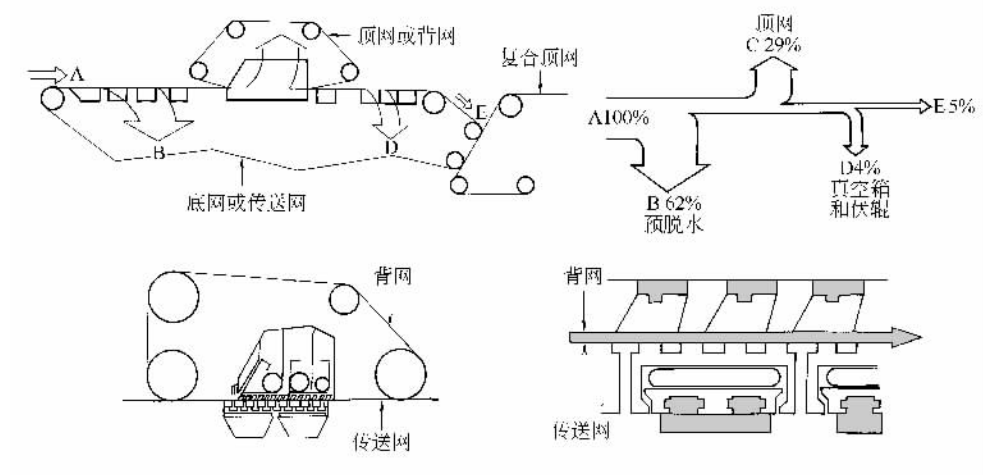


图 4-62 向上脱水和可调节的顶网装置及其脱水分配图 (Valmet 公司)

幅的匀度和两面差, 因为之前大多数装置都是向下脱水的。

此类装置在北欧广泛应用于不易成形的高质量纸板生产。

## 第六节 叠网成形器

叠网成形器是在长网网案上再装若干台单独的成形装置。先在长网网案上以正常方法形成纸幅, 然后将在其余成形装置上形成的纸幅加在其上面。由于各层湿纸页的流浆箱、浆网速比、横幅定量差以及脱水速率等均可分别控制、调节, 可方便地生产出满意的纸板, 叠网成形器是目前最流行的纸板成形器。

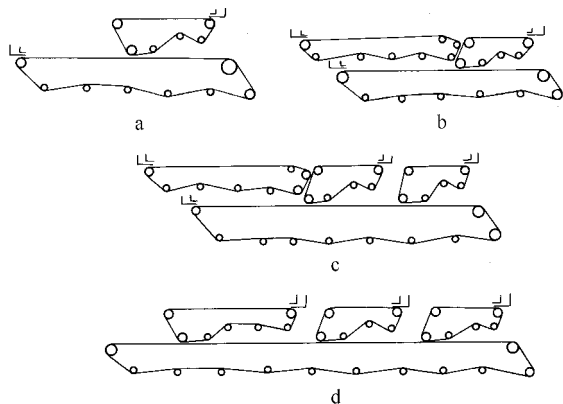


图 4-63 叠网成形器示意图

a—二叠网 b—三叠网 c—四叠网 d—四叠网

叠网纸板成形器可根据产品品种的不同, 有二叠网、三叠网及四叠网等形式, 如图 4-63, 可分别抄造二层、三层及四层的多层纸板。

层数越多, 所使用的流浆箱、供浆系统及网案等越多, 整机的造价越高。但层数多, 可允许各层使用不同的浆料, 有利于使用廉价的二次纤维作芯层, 既能获得较好的经济效益, 又能保证纸板的内在质量; 另外, 还可降低每层纸的定量, 有利于提高成形质量。可根据产品的定量范围及可能的品种变化来确定叠网的层数。

叠网的布置形式主要有两种 (见图 4-63c, 图 4-63d)。这两种形式没有本质的差别。图 4-63c 所示结构更紧凑, 结构稍复杂, 其芯层的网案长度可根据纸张质量要求来确定, 但底网长度可大大缩短。图 4-63d 所示结构简洁, 但芯层的网案长度越长, 则底网网案所需长度也越长; 芯层的定量通常是最高, 其网案需要足够的长度以获得良好的成形质量, 从而增加了底网网案的无效长度, 增加造价, 占用空间也增大。

层间结合是叠网纸机的一个重要的问题。一般说来，纸的结合干度越低，层间结合强度越高。但干度太低时，会由于速度波动等因素易使各纸层在结合时受到损害，严重时甚至会破坏成形。这是一对矛盾。实际生产中，纸层结合干度大约在 10%~14% 之间。提高结合强度的另一个办法是控制纸层（尤其细小纤维含量较少的一面与细小纤维含量较多的那一面）结合时的压力。但结合时压力太高易在表面留下网印痕。有时也可在纸层结合处喷洒淀粉胶提高结合强度。

叠网成形器使用上另一个重要的问题是传动问题。叠网成形器能否正常运行的关键是各个纸层结合点的速差能否控制在所要求的范围内且运行平稳。传动上通常将这些传动点都配置负荷分配器以达到上述要求。如果速差一旦超出所要求的范围，网部与压榨部应立即脱离，并将复合辊抬起。

叠网成形的另一类型是使用 Aucu 成形器（见图 4-64）。其真空成形辊筒没有固定面网，而为一条运行着的短成形网所替代。在运转中，纸幅在网上成形。头一半成形区保持常压，而其余则处于高真空中。随着纸幅和网子绕真空辊筒移动，它们与一条短的顶网相接

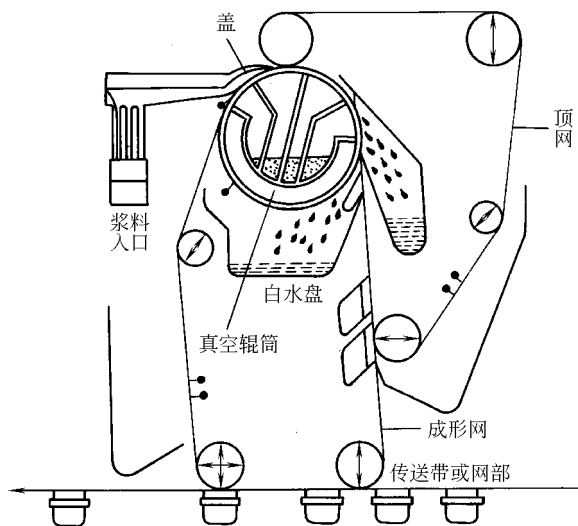


图 4-64 Aucu 成形器（Tampella 公司）

触，纸幅就被夹在两个网子中间，并受到不断增加的压力的作用。将真空辊筒内的真空调整到与离心力互相抵消，这样，纸幅两面的脱水量就大致相等。该装置可增加填料留着率。纸幅和网子一起经过真空吸水箱后，顶网又返回到成形辊。此时在成形网上的纸幅继续前进，贴合到已形成的纸幅上。

超级超成形器也是叠网成形器的一种形式，因为它的各层湿纸页也是先分别在短长网上预成形后，再逐层复合而成。但超级超成形器的预成形短网太短，其所能抄造的定量就不能高，而且车速越高，定量越低，高速超成形就显得所用短网个数较多，其造价也势必增高。

叠网成形器的特点主要是：① 成形质量好（尤其是面层质量），印刷适应性好。② 可根据所用的不同原料分别进行控制各层纸的质量，以使其横幅定量差小、纵横拉力比小。③ 产品适应性广，可抄造的定量和车速的变化范围大。可使用较高的工作车速。④ 结构简单紧凑，维修操作方便，造价适中。⑤ 芯层的定量可以较高，可大量使用二次纤维。⑥ 可控制和调节纸层结合点的干度，保证最佳的结合湿度。

## 第七节 网部的辅助装置

### 一、造纸成形网

成形网是成形装置的一个重要组成部分，其由伏辊或其他传动辊带动运行，使纸浆在网上连续地过滤脱水形成湿纸层，并将湿纸层运送到伏辊处。此外，造纸网还有牵引网部的各

种辊筒回转的作用。因此，造纸网的滤水性必须适合抄纸的要求，能够承受较大的张力，具有反复曲伸的韧性及耐磨性等。

成形网有金属网（主要是铜网，也有不锈钢网）和塑料网两种类型。

（一）铜网

1. 铜网的规格和线材

铜网的规格是指网目（即网号）和纬密。网目是指平行于纬线 25.4mm（每英寸）宽度内经线（贯通铜网纵向全长的铜线）的根数或网孔的个数。也有用每厘米宽度内经线的根数来表示的。纬密，是指平行于经线每英寸宽度内纬线（贯通铜网横向全宽的铜线）的根数。在一般情况下，纬密为网目的 60%~70%。车速较高的造纸机，使用纬密较大的网子。

铜网是用钢丝按经纬线排列织成的。纵的方向称为经线，横的方向称为纬线。在铜网运行过程中，经线与纬线所受的力和运行状态都不同，所以经线和纬线的材料成分也不同。长网造纸机上对铜网经线要求具有较大的抗张力、弯曲力、耐磨性、不易伸长及耐酸碱性。磷青铜（铜 89%~96%，锡 4%~10%，磷 0.1%~0.5%）适于经线所要求的性能，故通常用作经线的材料。对纬线要求具有适当的弯曲性及挺直性。这是由于铜网在运转中，经线受到相当的张力，使纬线弯曲，铜网的宽度呈收缩的倾向。若经线的张力不均一，就会发生皱纹，因此必须使用较经线粗的铜丝作纬线。黄铜（铜 65%，锌 35%）具有纬线所要求的机械性能，故纬线一般以黄铜制成。

2. 铜网种类

铜网一般可以分为单织网、复线网、捻织网等三种类型（见图 4-65）。

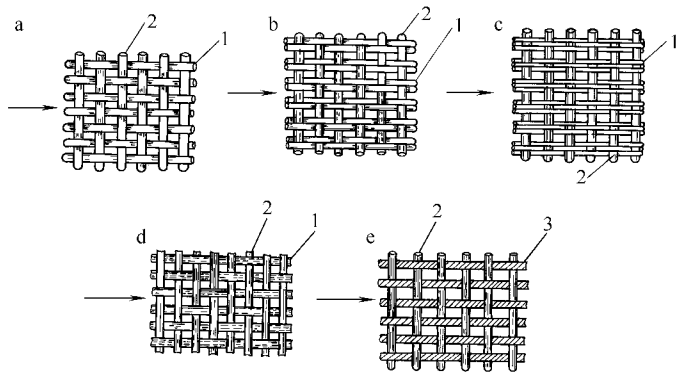


图 4-65 铜网的种类

a—单织网 b—双织网 c—三织网 d—半斜纹网 e—捻织网  
1—纬线 2—经线 3—捻织经线

（1）单织网（单丝网）。单织网有平纹网和斜纹网之分。单织平纹网用单根经线和单根纬线交叉编织而成，即相邻的两根经线交错地通过同一根纬线的上部 and 下部，经线的间距是一致的。与平纹网不同之处在于，斜纹网的经线与纬线都各自通过两根纬线或经线的同一面而交叉编织而成，这种网有明显的对角线斜纹。半斜纹网（也称三线斜纹网）的特点是，经线交替地从两根纬线的下部和一根纬线的上部通过。由于斜纹网和半斜纹网与造纸机各辊子的接触面大于单织网，因此其寿命较长。

（2）复线网有双线网及三线网，一般采用较细的铜丝编织而成。双线网，是以两根经线和一根纬线编织而成，两根经线通过纬线的方向上下交错。三线网（也称三经网、三织网、

纹织网)是由三根一组的经线和一根纬线交叉编织而成。每组经线中间的一根与两侧的两根经线相互交错地通过纬线。复线网多用于抄制细致光滑的纸张。

(3) 捻织网可分为单捻织网和复捻织网。单捻织网是指仅在经线采用捻线的网。复捻织网则经线和纬线都采用捻线。捻线是在金属芯线周围绕上 5~7 根铜丝,捻绞而成的。捻线有较大的弯曲性,因此复捻织网比单捻织网的寿命长。捻织网多用于浆板及纸板机上。

铜网两端焊接成为无端的网环,在经线的焊接上有对丝网和错丝网的区别。错丝网指铜网在两端对焊成无端同环时,经线错开若干根焊成的。例如经线错开三根焊成的称为错三丝网。

从滤水性能来看,单织平纹网较好,单织半斜纹网次之,单织斜纹网更次之,三经网最差。从成纸的网痕来看,三经网和斜纹网较轻,单织网次之,捻织网最差。

### (二) 塑料网

成形塑料网为单丝网,其条干均匀、取向度一致、物理性能稳定。成形塑料网以网子出厂时的形式不同分类,有环形网和插接网两种。环形网又称无端网,是在织机上直接织出无端的环形网。它的特点是运行时网子的伸长和网幅的缩减程度都很小,适用于大型高速纸机,缺点是网长固定,不能适应各种网长的造纸机。插接网的织法和铜网完全相同,可利用铜网织机生产,先织成一个单片,然后把网的两端在一定宽度上插接起来而成为有接头的插接网。它的优点是能适应复杂多变的长度,缺点是运行时易变形。

塑料网的材料种类很多,有聚酯、聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺等,其中以聚酯塑料网的性能最好。

## 二、成形网校正器

成形网在运行中,总会或多或少地向纸机一侧窜动,即所谓跑偏,故设置有成形网校正器。成形网校正器有手动式及气动式两种结构类型。

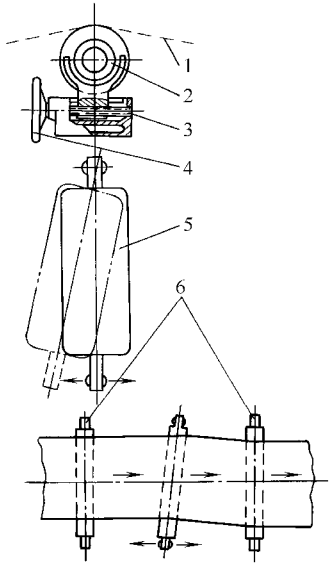


图 4-66 手动成形网校正器

1—成形网 2—球面支承 3—螺纹传动  
4—调节手轮 5—校正辊 6—相邻导网辊

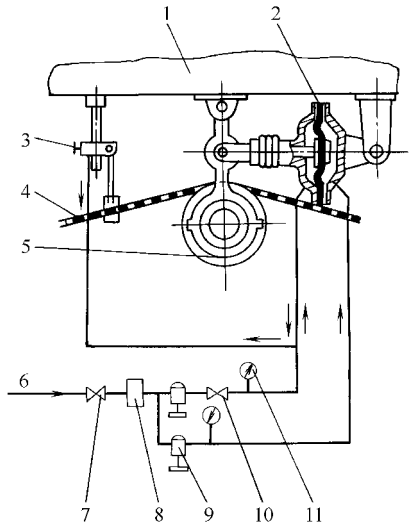


图 4-67 气动式成形网自动校正器

1—薄膜执行机构 2—网案大梁 3—传感器 4—成形网  
5—校正辊 6—压缩空气源 7—截至阀 8—空气过滤器  
9—压力调节阀 10—针阀 11—压力表

手动的成形网校正器的结构如图 4-66 所示。装设在校正器上的导网辊常称为校正辊。它的传动端轴承座是通过铰链或球面安装在支承座上，操作端轴承座有 50~100mm 的平移距离。转动调节手轮可以使校正辊发生一定倾斜。跑偏的成形网经过此辊筒时，由于成形网趋向于沿辊筒旋转轴线的垂直方向运行，促使钢网恢复正常的运行位置。校正器的灵敏度和铜网的张力、在校正辊上的包角，以及和相邻导网辊的距离有关。通常使用的包角为  $10^{\circ}$ ~ $15^{\circ}$ ，校正辊和相邻导网辊的间距应大于 600~800mm。

气动式自动成形网校正器的结构如图 4-67 所示。校正器的传感元件是一个与成形网边缘接触的小挡板。成形网跑偏时会使小挡板位置变动，从而把排气阀启闭，改变薄膜执行机构内空气的压力，使校正辊作相应的位移，完成成形网的自动校正动作。挡板式的传感器对成形网有一定的磨损作用。较为完善的自动成形网校正器上，常常使用水力的或光电的传感元件。

成形网校正器（包括手动的和自动的）一般装设在网案下成形网的非工作段上。

成形网张紧器也能起到一种校正铜网运行的作用。小心地移动（即张紧或放松）紧网辊的一端，成形网便会向张得较紧的一边窜动。这种办法一般是在成形网校正器失灵或不够用的时候才使用。

### 三、成形网张紧器

正常网子在运行中应保持一定张力，但网子在运行中由于各种原因会有伸长，为保持其张力能随着网子伸长而一直保持稳定，在网子的回程边应装设张紧器。老式造纸机用手动螺杆式张紧器，调整导网辊上下移动。但这种手动张紧器的张力数值很难确定，网子张力亦无法稳定。因此新式造纸机上较普遍装设自动张紧装置。

自动张紧装置的结构形式很多，如图 4-68 所示为薄膜式的气动成形网张紧器。

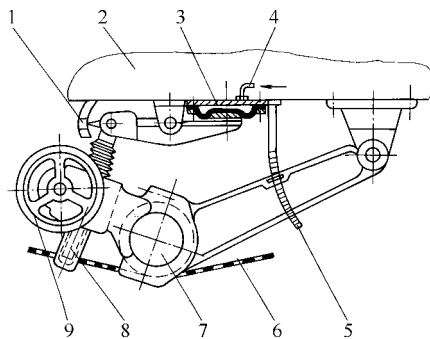


图 4-68 气动成形网张紧器

- 1—膜片位置指示 2—网部大梁 3—橡胶膜片  
4—压缩空气入口 5—限位装置 6—成形网  
7—张紧辊 8—螺杆 9—手轮

成形网需要经常更换，其换网方式有拆除式、移出式、套入式及综合式等方式。

拆除式多为老式低速造纸机采用，换网时，拆除网子行程内部的所有部件，然后把新网套进下伏辊轴颈的套筒上、再套到伏辊上，进而展开，最后将被拆除的部件装回原位。移出式即是换网时，将网子行程内部的部件，由外力牵引移到操作侧或传动侧预先安置好的大梁上。然后新网由网车送进并套在已悬臂的伏辊上，继而将网子展开。然后将网案移回原位，再将被拆下的部件复原而完成换网工作。套入式是在换网时将新网在操作侧预先展开在换网车上，然后套入已悬臂的网案（网子行程内部的结构），最后将被拆下的部件复原完成换网工作。综合式即是移出式和套入式相结合的一种换网方式，换网时，将新网在操作侧预先展开在换网车上，然后将网案移出并穿入新网，最后将网案连同新网一并移回原位。

现代化的造纸机上（包括各种夹网成形器），广泛采用悬臂式的套网装置来更换成形网。悬臂式网案的结构如图 4-69 所示。网案的横梁在传动侧延伸 1.5~2m，在延伸部分末端设

### 四、换网装置

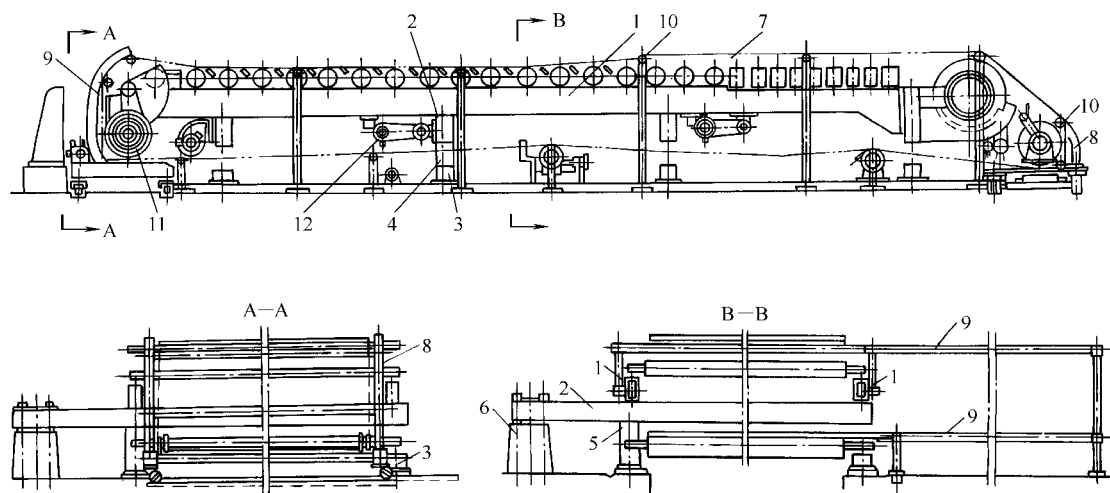


图 4-69 悬臂式网案

- 1—纵梁 2—横梁 3—操作侧支架内的液压缸 4—支架的可卸落段 5—传动侧支架 6—传动侧第三支架  
7—成形网 8—伏辊处换网小车 9—胸辊处换网小车 10—展开成形网用杆  
11—胸辊下落位置 12—导网辊换网时的悬挂位置

置第三支座。横梁的操作侧支柱中有一段是可以拆下取出的，其下部装有液压缸。换网时，先向液压缸送油，活塞杆便可将横梁顶起 2~3mm，因操作侧支架的拆卸段上有供活塞杆通过的开口槽，该段便能取下。收回活塞杆后，网案便形成悬臂状态（真空伏辊和驱网辊也能借助本身延伸的传动侧轴头和加压机构处于悬臂状态）。新成形网事先展开在造纸机操作侧的专用的小车上。借动手动卷扬机把成形网和小车拉入悬臂了的网案上。待铜网套上以后，小车随即轮流退出。

## 五、洗网装置

在纸页抄造过程中，网子的孔眼常有被纤维、胶料、树脂或黏度较高的油脂堵塞的现象（称为“糊网”）。为此必须设置洗网装置。

在造纸工业中用于各种场合的喷水管，一般有三种形式：① 带扇形喷嘴的固定式喷水管；② 带扇形的和（或）针形阀调节喷嘴的摆动式喷水管；③ 在纸机上横向移动的单喷嘴式喷水管。这三种喷水管又可归纳为两大类：a. 设计成带固定孔眼喷嘴的喷水管；b. 设计成带可清洁开口冲洗喷嘴的喷水管。

### （一）固定式喷水管

固定式喷水管是固定在纸机一定位置上而不是前后摆动的喷水管。这类喷水管设计制造成扇形喷嘴。喷嘴孔眼大小根据所用水量选定，扇形的角度则根据喷水管的喷嘴中心线与喷嘴至喷洒面的距离选定，以使喷水均一分布。图 4-70 展示了这种关系。

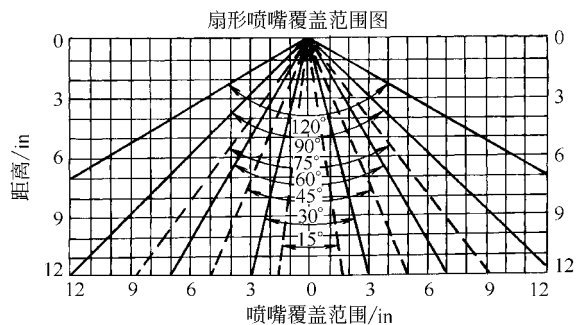


图 4-70 扇形喷嘴覆盖范围图  
1in=2.54cm

## （二）摆动式喷水管

摆动式喷水管的设计原理是使喷水管在纸机上以固定速度前后移动一定距离（通常称为冲程长度）。摆动式喷水管供水是以针形喷嘴或针形与扇形喷嘴并用。喷水管摆动装置的主要作用，是保证所加入的水能均匀地覆盖。从横幅水分分布角度，该作用十分重要。摆动装置可有电动机/由臂组合体、液压或气动操纵的可逆式活塞缸、或线速度与低速机电装置等几种形式。带由臂的电机齿轮减速箱是非线速度装置，因而在纸机毛毯上产生正弦形状的磨损。所以这种装置只用于不考虑表面压印的不重要场合。

任何摆动装置的两个最重要参数，就是冲程长度和速度。一般建议将摆动装置设计成其冲程距离等于喷嘴中心距的两倍，即喷嘴安装中心距为 150mm，摆动装置的冲程为 300mm。这样布置可形成双重覆盖，若某个喷嘴堵塞，虽然喷嘴量减少，仍可保证覆盖面。如果摆动装置冲程无法做到双重覆盖，遇单一覆盖也是可以的。

与喷嘴间距相对应的摆动装置冲程的调节很重要。如图 4-71 所示。

球形螺杆或类似结构的机电低频线速度型摆动装置如图 4-72 所示。

## （三）固定孔眼的喷水管

采用固定或摆动装置的各类固定孔眼的喷水管，设计制造成带有钻孔的喷嘴。一旦钻好孔后，孔眼的规格就固定不变了，不能为了清洗目的而任意改变孔径。如果喷嘴堵塞，惟一的清洗办法是冲洗喷水总管、转动总管内的刷子或刮管器、或用针形工具清除脏物。固定孔喷水管的局限性使它们只能使用很干净的水。

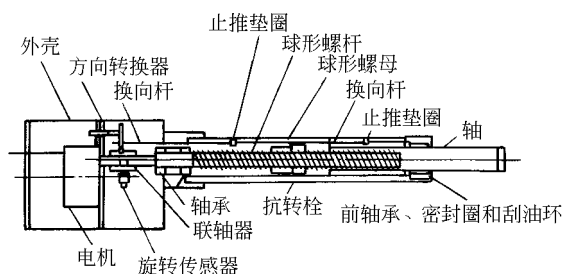


图 4-72 一个典型的低频机电摆动装置

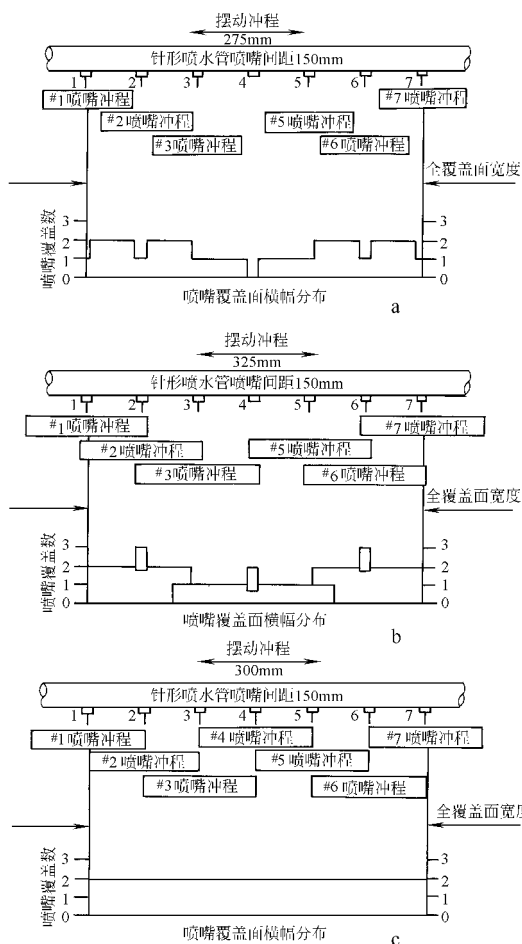


图 4-71 摆动装置冲程的调节

a—短冲程摆动装置 b—长冲程摆动装置  
c—正确冲程的摆动装置

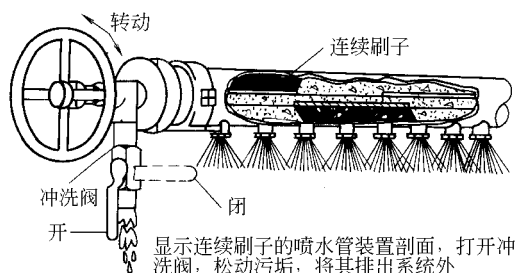


图 4-73 用于清洗喷嘴孔眼的一个典型的带内刷的喷水管

为了克服与固定孔喷水管有关的喷嘴堵塞问题，图 4-73 展示了一种带刷子的喷水管装置。这种装置在喷水总管内安装连续刷子，用人工转动，扫除喷水管和喷孔面上的污垢。然后通过冲洗阀，将这些污垢冲走。

刷子型喷水管不适用于污染物负荷很高的场合，那些场合最好用自净式可清洗喷嘴。这种形式的喷嘴作业状态设计成能加倍固定孔眼。当喷嘴内有污物时，为冲洗孔眼和相关喷洒件，可增加孔眼大小，图 4-74 展示作业状态下的喷嘴，图 4-75 是处于冲洗状态下的同喷嘴。使用这类喷嘴，要注意其污物是直接排入生产过程中的。

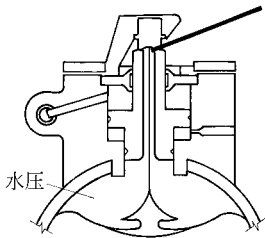


图 4-74 在正常操作状态的可清洗型喷嘴

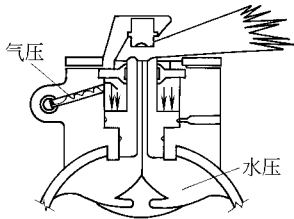


图 4-75 在冲洗状态的可清洗型喷嘴

（四）喷水管在成形部的应用

纸机成形部可以是传统长网、夹网成形器或两者的结合（通称混合成形器）。各种情况下的喷水管用途是有共性的。长网只清洗一张成形网，而夹网和混合成形器则只清洗两成形网。除所需喷水管的数量与成形网数量成正比外，其他规格型号都是相同的。

表 4-3 介绍了成形部喷水管的各种用途，以及用途跟功能、喷水管形式、喷嘴间距、操作压力和用水量的关系。

| 表 4-3 成形部喷水管 |              |       |         |          |                |
|--------------|--------------|-------|---------|----------|----------------|
| 用 途          | 功 能          | 喷水管形式 | 喷嘴间距/mm | 操作压力/MPa | 流量[L/(min·cm)] |
| 流浆箱          | 除去泡沫以及防止纸浆堆积 | 旋转    | 25~50   | 0.15~0.3 | 0.1~0.3        |
|              |              |       | 25~50   | 0.15~0.3 | 0.1~0.3        |
| （胸辊本体处）      | 充填空隙容积       | 摆动    |         | 0.2~0.3  | 0.25~0.3       |
| 胸辊（本体处）      | 清洗           | 固定    |         | 0.2~0.3  | 0.018~0.2      |
| 饰面辊          | 清洗           | 固定    | 38      | 0.7~1.0  | 0.36           |
| 真空辊上小压辊      | 清洗           | 摆动    | 25~30   | 0.15~0.2 | 0.04~0.065     |
| 真空伏辊         | 清洗           | 固定    | 75      | 2.5~5.0  | 0.30~0.46      |
| 冲网           | 容易的          | 摆动    | 75      | 0.7~1.0  | 0.33~0.48      |
|              | 正常的          | 固定    | 75      | 0.7~1.4  | 1.2~1.5        |
|              | 不容易的         | 固定    | 75      | 1.0~1.8  | 1.5~2.7        |
|              | 溢流夹缝         | 固定    | 75      |          |                |
| 高压水清洗成形      | 单层长网         | 摆动    | 150     | 1.4~3.2  | 0.125~0.165    |
| 编织物          | 多层长网         | 摆动    | 75      | 1.4~3.2  | 0.25~0.33      |
| 转向辊          | 润滑           | 固定    | 75      | 0.2~0.3  | 0.23~0.25      |



## 参 考 文 献

1. 华南工学院、天津轻工业学院合编. 制浆造纸机械与设备. (下册). 北京: 轻工业出版社, 1983
2. 马伯龙编著. 造纸机—原理结构与设计. (第一分册). 北京: 轻工业出版社, 1991
3. 马伯龙编著. 造纸机—原理结构与设计. (第二分册). 北京: 轻工业出版社, 1991
4. 陈克复编著. 造纸机湿部浆料流体动力学. 北京: 轻工业出版社, 1985
5. 曹邦威译. 最新纸机抄造工艺. 北京: 中国轻工业出版社, 1999
6. G. A. 斯穆克著. 曹邦威译. 制浆造纸工程大全. (加拿大). 北京: 中国轻工业出版社, 2001
7. 曹邦威等编. 长网纸机抄造. 北京: 中国轻工业出版社, 1994
8. 王学鼎. 欧洲高速新闻纸机若干新技术趋势. 中华纸业, 1998 (1): 12~14
9. 姜进等. 一种新型的成形辊脱水板缝隙成形器. 中华纸业, 1999 (3): 46~47
10. 杨旭. 纸板成形器的特点及应用. 中华纸业, 1998 (6): 42~43
11. 张末等. 整饰辊在长网纸机上的使用, China Pulp & Paper Industry, 1999 (2): 55

## 第五章 造纸机压榨装置

### 第一节 概 述

#### 一、压榨部的作用

压榨部的主要作用是用机械挤压的方法降低湿纸幅的含水量，提高纸幅进入干燥部的干度。此外，压榨可以改善纸的表面质量，增大成纸的紧度，纸的强度也有一定的提高。

压榨部的脱水沿纸幅的幅宽上应该是均匀的。纸幅有局部的过干或过湿的现象时，就会产生纸幅局部地方过于干燥和压溃的现象。

湿纸幅在脱水过程中，机械挤压脱水所需费用比用蒸汽烘干的方法低得多。在不影响纸的质量前提下，应加强压榨部的作用，以机械挤压的方法脱去尽可能多的水分。一般说来，纸幅出压榨部时的干度每上升 1%，相应于干燥部所需蒸发的水量减少约 5%，也就是蒸汽耗量降低约 5%。提高压榨脱水的效率，对于增加造纸机的产量和降低成本，有重要的作用。

在压榨过程中，湿纸幅的表面和平滑的压辊表面，或是和平整的毛毯表面接触，可以减轻纸幅表面的网痕，增加纸的平滑度。压榨后，湿纸幅内纤维相互接触的表面增大，连接加强，致使成纸的紧度和强度增加，但纸的透气度和吸收性能下降。适当地使用反压榨和平滑压榨时，能较有效地控制纸幅两面性能的差异。

在普通长网机上，伏辊和第一道压榨辊常常是纸幅断头最多的地方。这主要是由于湿纸幅从成形网和压辊表面剥离及传递过程中受到很大的张力，从而产生相应的伸长所致。纸幅伸长的结果，还使纸幅中纤维纵向排列的趋势加大，增加纸幅纵横向强度的差别。消除湿纸幅在压榨部的断头和伸长有利于提高造纸机的产量和质量。

#### 二、压榨部的布置

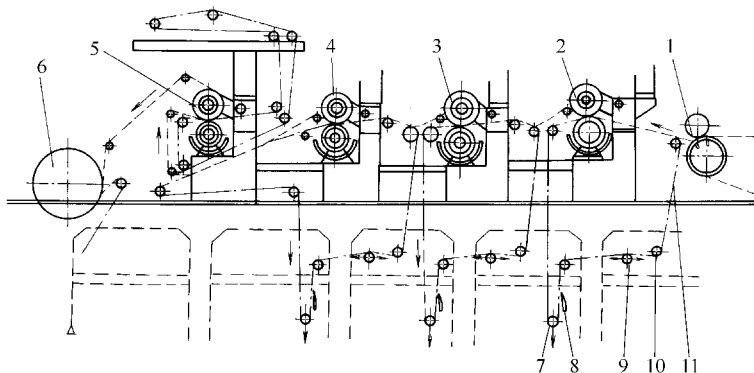


图 5-1 防油纸造纸机压榨部布置的一种形式

1—伏辊 2—真空压榨 3、4—普通压榨 5—反压榨 6—干燥部的烘缸 7—毛毯张紧器 8—毛毯洗涤装置（匣式洗涤器） 9—毛毯校正器 10—导辊 11—毛毯

普通长网造纸机压榨部是用 2~5 道双辊式压榨适当排列而成。所用的压榨形式和辊数取决于纸种、浆种和车速等因素。一般说来，普通压榨（平压榨）用在低速造纸机上。真空压榨等效能较高的压榨主要用在中、高速纸机上。第一压榨的脱水量最大，且毛毯易弄脏，应优先考虑使用真空压榨并加强毛毯洗涤装置。当松厚度和低密度是纸的主要指标时，压榨部上应设置较多道数的压榨辊，从而避免在压榨中使用过高的压力。纸的平滑度和表面质量要求高时，压榨部上应设置反压榨，必要时再装设平滑压榨。造纸机用游离浆造纸时，压榨的道数较少，使用线压力较高。生产粘状浆所抄造的纸时，湿纸幅容易被压溃，压榨的道数应多一些，而压榨辊的线压力则应逐道地提高。

图 5-1 是一台中速防油纸造纸机压榨部的示意图。该压榨部由一道真空压榨、二道普通

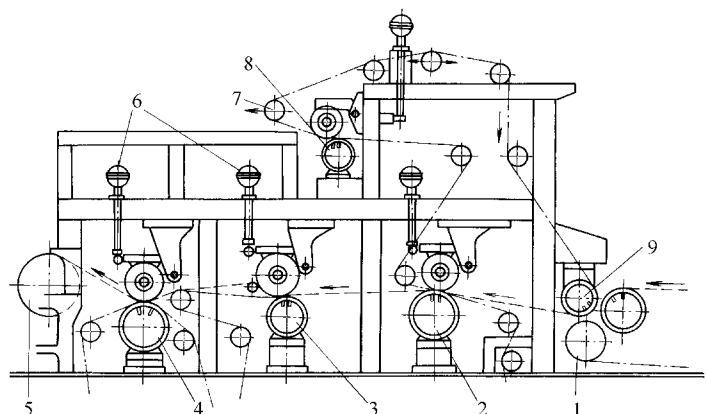


图 5-2 中速造纸机压榨部的一种布置方式

- 1—驱网辊 2—传递压榨 3—真空压榨 4—吸风式真空压榨 5—烘缸  
6—压榨上辊的加压提升装置 7—毛毯张紧器 8—毛毯洗涤装置(真空毯压榨)  
9—真空吸移辊

压榨和一道反压榨组成。湿纸幅自伏辊处的铜网表面剥离后，借助于一压和铜网之间的牵引从网部传递到压榨部。湿纸幅在一压脱水后粘附到压榨上辊表面上。再由二压和一压之间的

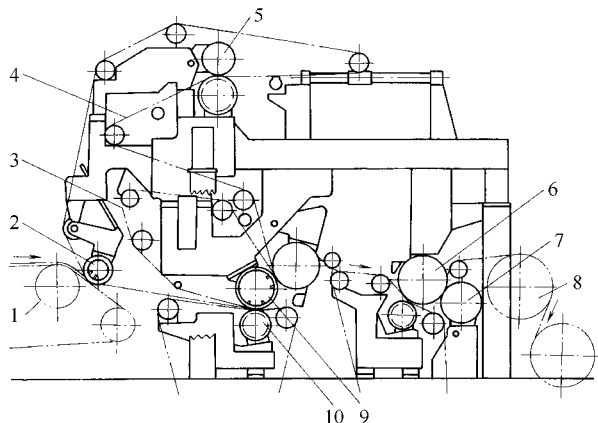


图 5-3 应用复式压榨的一种压榨部布置形式

- 1—真空伏辊 2—真空吸移辊 3—网毯压榨的衬网 4—毛毯  
5—毯压榨 6—石辊 7—平滑压榨辊 8—烘缸 9—真空压榨  
10—沟纹压辊

牵引而把从一压上辊表面剥离下来的湿纸幅送入二压脱水。如此继续在以后各压榨辊上传递和脱水，直到纸幅通过压榨部后进入干燥部。

图 5-2 是一台中速新闻纸机压榨部的示意图。它是由真空吸移装置和两道真空压榨组成。湿纸幅的真空吸移装置是高速造纸机上普遍用来消除伏辊处纸幅断头的纸幅传递装置。

现代化的大型造纸机压榨部上，广泛使用复式压榨（通常是两个以上的压辊组合起来的多压区的压榨），这就加强了压榨的脱水，提高了纸的质量并简化了压榨部的操作。但压榨部的结构变

得较为复杂，其上部往往成为造纸机上最高的一部分。图 5-3 是一种所谓“对称脱水压榨”的布置示意图。如图所示，湿纸幅被真空吸移辊吸离网子后，进入三辊式的复式压榨。在这里，湿纸幅连续两次被压榨脱水后已具有较高的湿强度，可以比较安全地从石辊表面剥离和传递到第二道复式压榨。在第二道复式压榨上，湿纸幅的一面与石辊接触，从纸幅的另一面进行脱水。复式压榨上广泛使用直径较小的可控中高沟纹压辊。

### 三、压榨部的机械特性及辊子技术参数

#### （一）压榨部的机械特性

对特定纸机在决定最佳压榨结构时要考虑许多因素。必须考虑的一些因素有：纸张质量要求，抄速，纸页定量，浆料配比，损纸处理，成形部结构，纸页回湿的可能性，毛毯更换需要，安装喷汽器的可能性，所用毛毯结构，真空需要量，占地面积，辊子刮刀的要求等。

纸页和毛毯在两个回转的压辊间受压。上辊机械加压，形成压区内所需的压力。压区线压是机械加压和垂直压榨中上辊重力的总和，除以压榨压区接触面的长度。在若干反压榨和聚集压榨装置中，不考虑配对辊的重力。压区的实际压力曲线见图 5-4。其最大值取决于几个因素：线压力、压辊直径、压辊硬度和毛毯的品质。

在单毛毯压区中，纸页的一面通常与光滑的硬辊（一般为花岗岩或人造石）相接触。有时，也用挂硬橡胶或不挂胶的实心金属辊。与毛毯接触的压辊，可挂略有弹性的橡胶，以便在生产高定量纸种时“软化”压区，或挂以特硬橡胶以便在生产低定量纸种时获得狭窄的压区。

由于压辊在加压下挠曲变形，必须将一个或两个辊弯成弓形或加工出“中高”以使整个接触面获得均一的横向压力分布。所需中高量跟辊径、壁厚、长度、结构材质和施加的负荷成函数关系。固定的中高（通常研磨辊子获得）只适用于小范围加压。中高正确和不正确的影响示于图 5-5。对普通压辊的中高，硬辊面比软辊面更重要。关于压辊中高的其他资料请参见 TAPPI TIS0420—06 压辊中高的定义和详细说明。

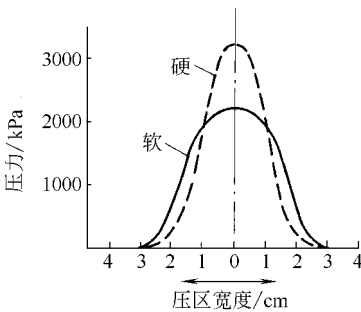


图 5-4 利用硬辊和软辊（负荷为 45kN/m）的压榨压区压力分布

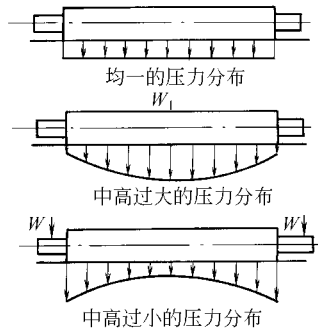


图 5-5 虽然压辊中点和中高量仅为 1.3mm，微小的中高过大或过小，均将影响压力分布

抄造很多不同定量和纸种的纸机，通常使用可控中高辊，以便在不同的压榨负荷下获得均一的压区条件。可控中高辊有好几种类型。其中两种设计示于图 5-6 和图 5-7。大多数设计是采用液压装置以改变转动壳体对固定轴的挠度。

通常，整个辊子都要均匀受压，以便使进入干燥部的横幅水分比较一致。但有时由于成形部的脱水不均，或由于其他问题，希望用不均匀的压榨加压来加以补偿。在这种情况下，

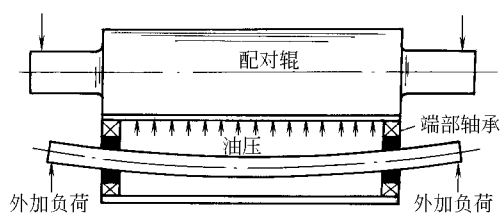


图 5-6 游泳辊利用其上部空腔内的油压，  
矫正转动壳体对固定轴的挠度

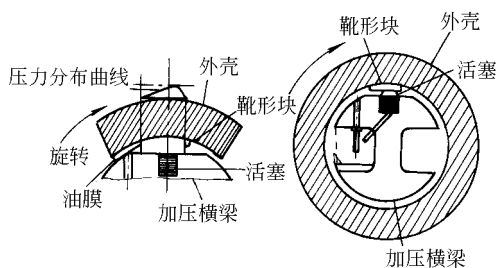


图 5-7 Beloit 可控中高辊利用一个以润滑靴  
形块对着转动壳体的液压装置

可使用带横向可变挠度（即分区可控）的可控中高辊。图 5-8 和图 5-9 为这种设计的简图。能被矫正的“浆道”宽度受压辊抗弯性能的制约。分区喷淋蒸汽也可用以获得均一的横向水分分布。

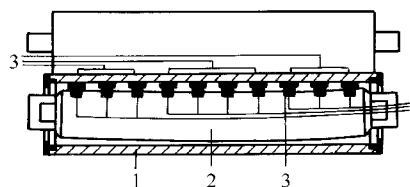


图 5-8 Escher-wyss Nipco 辊利用分区  
控制的液压元件，控制作用力的分布  
1—转动壳体 2—固定横梁 3—活塞元件

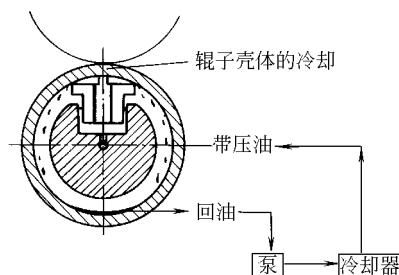


图 5-9 显示 Nipco 辊的操作原理  
注：带压油进入液压元件下方，通过小油管  
到达顶部，当它从元件边沿上冒出时，就在  
壳体与元件之间形成一层润滑油膜

## （二）压榨部辊子的技术参数

影响压榨部性能的辊子的重要参数有：① 辊子的结构与材料；② 壳层的结构与材料。

壳层结构设计的目的是为保证水的脱除和纸的质量。光辊没有脱水能力，而且即使配用毛毯脱水能力仍然有限。有孔压辊，无论盲孔压辊还是沟纹压辊都能进一步提高辊子的脱水能力。真空吸辊的脱水能力更强。有孔压辊和真空吸辊都对纸面产生明显影响，当水流直接从毛毯进入孔内，就会在纸面形成所谓的‘影纹’。有时候，在使用盲孔压榨时，压力的变动会导致脱水量的减少。

压辊及壳层的材料的重要性是从使用寿命方面考虑的。压辊的材料及其内部结构必须保证压辊承受渐增的负荷和温度的变化。聚亚氨酯辊面包覆层已经逐渐取代了合成橡胶包覆层。由于压辊技术的发展，在宽幅纸机中运用宽大的压区和高压是可能的。

花岗岩石辊在造纸工业中的应用已有 100 多年的历史，花岗岩由石英、长石、云母等成分组成，花岗岩石辊通常用作三辊复式压榨的中辊，花岗岩性能优越，尤其是透气性更佳，随着纸机车速和压榨温度的提高，花岗岩石辊在运转中出现了一些失效和事故，这促使辊子的制造商和纸厂寻找和开发花岗岩的替代材料。替代材料主要有：金属、陶瓷、塑料、陶瓷与金属的复合、金属与塑料的复合、陶瓷与塑料的复合、合成树脂与金属的复合。

## （三）压榨部喷汽器的采用

压榨部喷汽器是增加纸页脱水的有效途径。纸页温度每升高  $10^{\circ}\text{C}$ ，出最后一道压榨的

纸页干度约增加 1%（图 5-10）。

喷汽器的主要作用是减少干燥部蒸汽消耗，使离开压榨部的纸页更干、更强韧，并有更好的横向均一性。干燥部的节汽量取决于压榨部所增加的脱水程度。低定量纸种的纸页浓度，据称可一直增加到 3 个百分点，进入干燥部的纸页愈热，将纸页加热到蒸发温度所需的烘缸愈少。

干燥部汽耗降低，可有更多的烘缸用以蒸发纸页中的水分。一般设计良好的压榨部，净蒸汽节约量为 1.8~2.0kg/kg。这使干燥能力受到限制的纸机提高车速 5%~25%。

许多新型喷汽器间距 150~300mm，均布于纸机全宽，可校正纸幅的横向分布。在湿纸区用的蒸汽多时脱水量也多，这样使横幅水分达到均一。在特定纸机上所能校正的程度，主要取决于纸张定量、水分含量、纸页透气度和其他变数。横幅水分均一，可提高某些纸种纸卷平均水分含量，从而降低干燥能耗，并改进压光状况。有些横幅喷汽器已与工艺控制计算机系统相结合，以达到自动控制水分的目的。

压榨部喷汽器还可影响纸页的质量测试性能。提高压榨部的纸幅温度，以获得固化得更好的、更紧密的纸页。在一压压区前安装喷汽器的优点是，使更多的压区都能工作在热纸页上。

纸页温度每提高 10℃，可软化纤维素纤维 15% 左右，从而增加了纸页的压缩性。结果是离开压榨压区的纸页紧度更大。当纸页是在一压压区前增加温度时，如果增加抄速，则纸页密度和松厚度改变很小。由于提高纸页温度所获得的较好的压榨效果，可弥补纸页在压区停留时间较短的不足之处。

影响压榨部的主要变数示于表 5-1。压区压力是最重要的操作参数。压区压力应维持在与纸页脱水和质量要求相协调的最高水平上。压区宽度和停留时间跟纸页定量和抄速有关。一般认为，低定量纸种用硬而窄的压区，高定量纸种用软而宽的压区，可获得最大的脱水量。

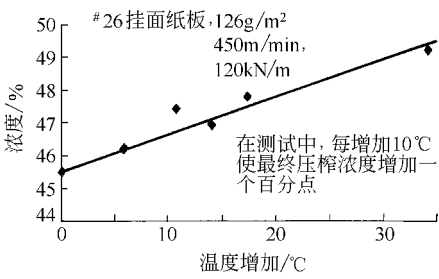


图 5-10 纸页浓度与增加温度的关系

表 5-1 压榨的主要参数

| 参 数    | 作 用        | 主 要 变 数                | 其 他 变 数  |
|--------|------------|------------------------|--|
| 压榨加压负荷 | 脱水<br>纸页质量 | 实现系数<br>单位面积压力<br>递增负荷 | 每个线性单位压力<br>压力脉冲性能<br>辊子直径<br>辊子硬度<br>辊子中高<br>毛毯结构<br>辊子抽气模式 |
| 纸页回湿   | 脱水<br>纸页质量 | 接触时间<br>压区出口形状         | 纸页定量<br>入口纸页浓度<br>压榨位置                                       |

续表

| 参 数           | 作 用                | 主 要 变 数                      | 其 他 变 数  |
|---------------|--------------------|------------------------------|--|
| 压区宽度与<br>停留时间 | 脱水<br>纸页质量         | 辊子硬度<br>辊子直径<br>抄速<br>压榨加压负荷 | 纸页可压缩性<br>抄速<br>毛毯结构<br>辊子挂面材料<br>辊子中高                                     |
| 辊子挂面结构        | 脱水                 | 排气模式<br>辊子硬度                 | 清洗喷淋器<br>辊子洗涤和维护<br>毛毯结构<br>辊子挂面材料   |
| 毛毯结构          | 脱水<br>纸页质量<br>抄造性能 | 底部结构及编织<br>植绒系数及形状<br>空隙容积   | 渗透性<br>厚度<br>质量<br>表面平滑度和针刺情况<br>挺度和安装情况<br>特别处理<br>可压缩性<br>合纤含量<br>毛毯洗涤情况 |
| 纸页温度          | 脱水<br>纸页质量<br>横幅水分 | 蒸汽箱位置<br>蒸汽箱纵向长度<br>横向长度     | 空气吹洗<br>背真空<br>饱和蒸汽<br>蒸汽压力<br>纸页质量要求<br>纸页质量和密度<br>白水加热                   |
| 实现系数          | 脱水                 | 压榨加压负荷<br>递增加压负荷<br>回湿       | 压榨效率<br>毛毯结构   |
| 双毛毯           | 脱水<br>抄造性能         | 定量<br>入口浓度<br>保水值            | 纸页出口纸页形状<br>毛毯结构<br>毛毯洗涤<br>辊子挂面结构   |
| 压榨形状          | 抄造性能<br>纸页质量<br>脱水 | 开式引纸<br>纸页回湿<br>压区数量         | 真空辊和真空箱<br>毛毯辊与纸页辊位置<br>毛毯结构<br>纸页吹送                                       |

续表

| 参 数   | 作 用  | 主 要 变 数                                     | 其 他 变 数  |
|-------|------|---|--|
| 抄速    | 脱水   | 脱水量及单元时间                                    | 实心辊替代<br>刮刀<br>压榨加压负荷  |
|       | 抄造性能 | 停留时间  | 毛毯结构   |
| 纸页质量  | 纸页质量 | 单位面积压力                                      | 辊子抽气模式<br>纸页浓度<br>毛毯洗涤   |
|       |      | 毛毯结构<br>传动侧<br>压榨加压负荷<br>纸页温度<br>平滑压榨<br>配比 |  |
| 所用真空度 | 抄造性能 | 纸页传送  | 毛毯结构   |
|       | 脱水   | 毛毯洗涤<br>真空度大小                               | 真空系统设计<br>空气容积<br>分离器<br>抄速<br>辊子挂面的开孔面积<br>辊子洗涤<br>真空泵类型  |
| 毛毯洗涤  | 抄造性能 | 毛毯结构  | 缝宽   |
|       | 脱水   | 配比<br>高压喷淋器<br>空气容积                         | 真空度大小<br>喷淋器压力<br>喷淋器摆动<br>化学品清洗<br>压榨位置<br>分离器<br>挤水辊<br>低压喷淋器<br>喷油器<br>真空吸水箱位置<br>喷淋器位置<br>喷淋器喷嘴<br>水洗涤<br>真空系统设计<br>抄速 |



续表

| 参 数  | 作 用          | 主 要 变 数            | 其 他 变 数                               |
|------|--------------|--------------------|---------------------------------------|
| 辊子中高 | 横幅水分分布       | 中高补偿辊<br>研磨        | 负荷范围<br>刮光<br>辊子更换周期<br>毛毯张力<br>研磨机凸轮 |
| 毛毯水分 | 抄造性能         | 毛毯洗涤<br>毛毯压缩/填充/编织 | 毛毯结构                                  |
| 平滑压榨 | 纸页质量<br>干燥速率 | 负荷<br>挂面硬度<br>纸页特性 | 压榨形式<br>拉力控制                          |

#### 四、影响压榨横幅不均匀脱水的诸因素

如前述，压榨部后纸幅的干度相差 1% 时，纸幅的含水量相差约 5%。所以当压榨后纸的横幅上有不均匀的脱水现象，从而造成纸幅横向湿度不均匀分布时，会明显地影响烘干部的工作。它常常引起纸幅局部地方过干燥的现象，降低烘干部的生产能力，影响成纸的质量，严重时会造成纸机干段的断头，影响纸机的操作和运转。大型造纸机上纸幅横向湿度的分布问题，是一个必须十分重视的问题。

造成压榨不均匀脱水主要有下列原因。

##### （一）压辊的中高误差

目前压辊中高的设计中，通常只是考虑补偿压辊的挠度所需要的中高量。它常常是和压榨实际所需中高量之间有一定的差距，没有估计到压榨实际操作条件。此外，压辊的计算挠度与实际挠度之间常常有 8%~12% 的误差，这就进一步增加了中高设计误差的可能性。压辊中高的误差应根据压榨的实际操作条件，在生产过程中逐步地被校正，并应根据操作条件的变化随时作相应的修正。

##### （二）压辊的刚度不够

压辊的中高量只相应于一定的线压力。实际生产过程中，由于工艺条件的变化，压榨毛毯的新旧程度不同，以及操作中的某些暂时要求，必须适当的调整和改变压榨的线压力。压辊的负荷一旦发生变化，压榨原有的中高量便不能与之相适应，从而造成压辊间的不均匀挤压，引起纸幅横幅上的不均匀脱水。

在窄幅门的造纸机上，由于压辊有较大的刚度，上述影响不十分明显。随着造纸机幅宽的增大，出于结构的合理性，压辊的刚度（主要是辊筒的外径）不能成比例的增大。当幅宽达到 3~4m 以上时，在选用或设计压辊的刚度时，必须十分重视压榨的不均匀脱水问题。压辊刚度不够时，会影响压榨操作的灵活性，降低压榨的使用性能。现代化大型造纸机上广泛使用可控中高辊的主要原因之一，就是为了解决压榨辊中高不准确的问题。

##### （三）压榨毛毯沿幅宽上滤水性能不均匀

生产实践表明，随着压榨毛毯使用时间的增长，毛毯的两侧的滤水性能常常变得较中部低一些，压榨后纸幅上容易出现两侧较湿的情况。此外，毛毯标准线上有局部凸出或凹入的

地方，常常是纸幅中较湿的地方。毛毯的拉斜和变形影响到它的滤水均匀性，从而在纸幅中造成水分不均匀分布的情况，并且也常常是比较严重的不均匀的情况。

现代化造纸机上，对毛毯在运转中标准线保持平直的要求是比较严格的。除了注意控制压辊的中高并使之与线压力相协调外，应经常检测压榨部各辊筒的平行度和各辊筒本身的变形程度，以稳定毛毯的运行。在某些压榨部上，当发生压榨毛毯标准线前凸而不易纠正时，可使用弧形辊来纠正。弧形辊设置在毛毯回程上有较大包角的位置上。在一条毛毯上可以同时使用几个弧形辊。

## 第二节 压榨辊的类型

本节只讨论双辊压榨。两个以上压辊组成的多辊压榨将在下一节中叙述。双辊压榨的结构简单，是普遍采用的结构形式。

### 一、普通压榨

普通压榨有时候又称平压榨。它的上辊是花岗石辊或人造石辊，下辊是包胶辊，常用在低速造纸机，尤其是抄造高级纸和电容器纸等特种用纸的低速造纸机上。普通压榨的组成和布置可参看图 5-11。

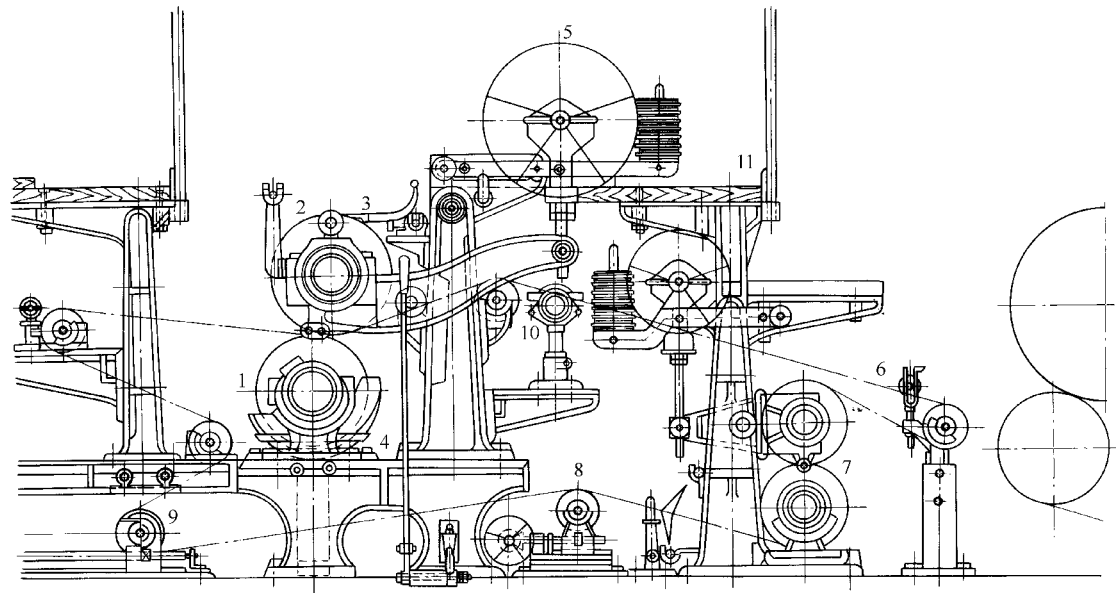


图 5-11 普通压榨

1—包胶的压榨下辊 2—花岗石压榨上辊 3—刮刀 4—承水盘 5—压辊的加压抬辊装置 6—毛毯  
7—毛毯洗涤压榨 8—毛毯校正器 9—毛毯张紧器 10—毛毯真空吸水箱 11—走板

在普通压榨上，压榨上辊的中心线相对于下辊有一定的偏移（不位于同一铅垂面内），偏移的方向与纸幅进入方向相反。压辊的这种布置方法是为了使压区挤出的水较易排除。偏移量通常为 50~100mm。车速较高，压辊直径较大时，偏移量较大一些。在同一台造纸机上，压榨部内较前的压榨的偏移量通常也较大一些。此外，在普通压榨上，压榨前的一个导

毯辊通常都是高于压辊的压区位置，使毛毯是向下倾斜地进入压区。这样的布置可以使湿纸幅先和上辊接触，减少压区前水层对纸幅的回湿，并能避免毛毯和纸幅间有空气被带入压区。同时，为了防止毛毯和纸幅间有空气，在作为第一压榨的普通压榨上，压区前的部位还常设置有毛毯真空吸水箱来吸走纸与毛毯间的空气。

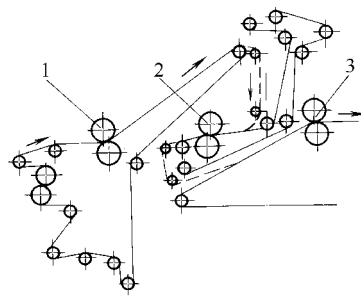


图 5-12 自上方引纸的反压榨引纸路线示意图  
1—正压榨 2—反压榨 3—正压榨

普通反压榨可以看做一种特殊布置的普通压榨，目的是使纸幅的网面与平滑的压榨上辊硬质表面接触，减少纸幅两面平滑度的差别。图 5-1 中最后一道压榨就是一种比较典型的反压榨的布置方式。湿纸幅要自下而上，经过两个导纸辊才引上反压的毛毯。引纸操作比较困难。另一种自上方引纸的反压榨的布置方法如图 5-12 所示。这种引纸方法固然容易一些，但引纸时产生的碎纸团容易掉到反压的毛毯上并进入压区，容易引起压坏毛毯或压辊包胶层事故。

反压榨通常是设置在车速低于 220~250m/min、生产平滑度较高的高级纸造纸机上。在车速更高一些的造纸机上，除使用真空反压榨等引纸较为方便的反压榨外，采用引纸绳的装置也可以基本上克服反压榨引纸的困难。

## 二、真空压榨

真空压榨的下辊是真空吸水辊，上辊通常是花岗石辊。真空压辊的结构和真空伏辊类似，只是辊面开孔率较低，小孔的直径较小，而且辊筒是包胶的。一般的真空压榨的布置及其附属设备和普通压榨相似，只是压榨上辊中心线相对下辊向前偏移 50~60mm（参看图 5-1）。一种常用的真空压榨的结构如图 5-13 所示。

目前，除去抄造某些特殊纸种的造纸机外，真空压榨几乎在所有的较大型造纸机上取代了普通压榨，在高速造纸机上更是毫无例外。和普通压榨比较，真空压榨可以从湿纸中脱去更多的水，纸幅也较少压溃，沿横幅宽度上脱水比较均匀，毛毯较能保持良好的良好状态。

湿纸幅在真空压榨上的脱水过程如图 5-14 所示。当湿纸幅通过真空压榨的压区时，由于纸幅被上辊紧紧压住，真空抽吸力并不对纸幅直接发生作用，湿纸幅仍是在压力作用下脱水的。所以真空压榨的脱水动力和普通压榨是相同的。真空抽吸力的作用主要是把聚集在压区前侧的水吸掉，并使毛毯保持良好的滤水性能。真空压榨脱水的特点在于压区内水分的排除方式，压区内被挤压出的水分，可以经过不大的水平移动后，便垂直地进入吸水辊的辊面小孔中。因为排水距离短，水流阻力较小，因而真空压榨有较高的脱水效能。

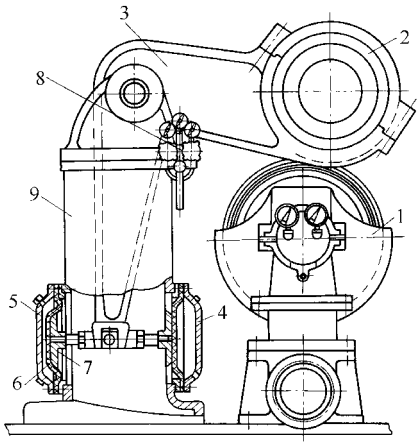


图 5-13 真空压榨

- 1—压榨下辊（真空压辊） 2—压榨上辊
- 3—压榨上辊轴承臂 4—压辊加气压室
- 5—压辊提升气压室 6—膜片 7—顶盘
- 8—气动压力调节器 9—机架

既然辊面上的小孔主要是一种排水渠道，所以在具有相同开孔率的条件下，采用较小开孔直径的真空压辊具有较好的脱水性能。小孔直径较大时，位于小孔处纸幅受到的压力较小，纸幅湿度偏高，容易在纸幅上引起真空压榨特有的孔痕（迎光看时，纸幅内有与小孔位置相对应的斑痕）。目前常用的小孔直径为 5mm 左右，但也有采用小至 2.8mm 孔径辊筒的实例。

真空压榨被广泛地使用在各种中速和高速造纸机上作第一压榨（第二压榨往往仍可用普通压榨）。在生产新闻纸、牛皮纸等的高速造纸机上，包括传递压榨在内的三道压榨均采用真空压榨。

吸风式真空压榨结构和普通真空压榨基本上是相同的，只是引纸方法和真空室的宽度与位置有些差异（图 5-15）。在这种真空压榨上，毛毯进入压区前有较高干度，而在压区后又可避免辊面小孔中的水分被甩回纸幅中，压榨后纸幅的干度较普通真空压榨提高 1%~1.5%。

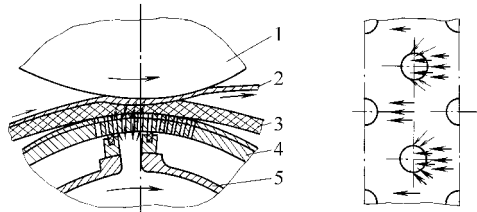


图 5-14 真空压榨的脱水原理示意图  
1—压榨上辊 2—纸幅 3—毛毯 4—真空压辊 5—真空箱

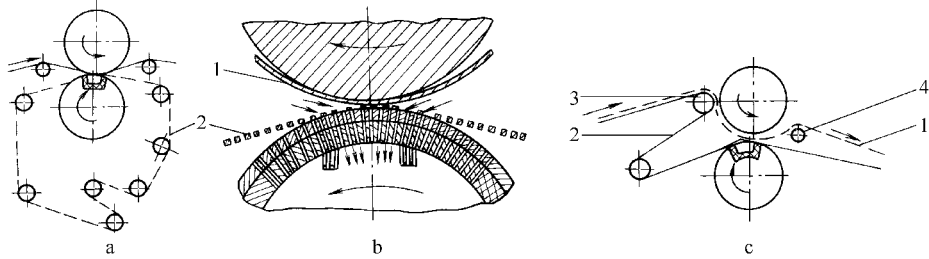


图 5-15 吸风式真空压榨  
a—吸风式真空压榨布置示意图 b—吸风原理示意图 c—吸风式真空压榨的一种方法  
1—纸幅 2—毛毯 3—导毯辊 4—导纸辊

吸风式真空压榨的真空室宽度约为 150~200mm（而通常的真空压榨则只有 100~150mm），真空度较低，约为 33kPa（通常的真空压榨则达 67kPa）。吸风压榨所需真空泵的抽气量要大一些。

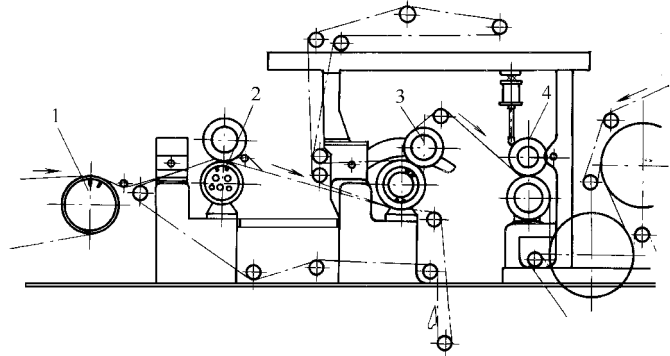


图 5-16 特殊真空反压榨在高级造纸机上的应用  
1—伏辊 2—真空压榨 3—特殊真空反压榨 4—平滑压榨

吸风式真空压榨引纸较为复杂，并且断头的可能性大一些。所以采用在中速造纸机的第二或第三道压榨上。为了改善引纸条件，在高速造纸机上可以使用图 5-15c 所示的一种引纸路线。

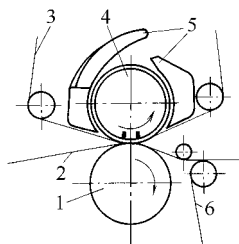


图 5-17 吸风式真空反压榨  
1—花岗岩辊 2—纸幅 3—毛毯  
4—吸风式真空压辊 5—白水箱  
6—下一压榨的毛毯

真空反压榨的作用和普通反压榨是相同的，都是为了减少纸幅两面平滑度的差别。一般真空反压榨的引纸路线亦和普通反压榨相同。但是，由于真空压榨上不存在压榨排水问题，压辊的布置就灵活一些，压辊不一定要作上下垂直排列。在某些造纸机上，真空反压榨的上辊倾向烘干部，与下辊作倾斜布置；也有采用水平布置的形式，使湿纸幅垂直地引入压榨的压区。一种便于引纸的特殊真空反压榨的布置如图 5-16 所示，其特点是采用了有吸纸用的辅助真空室的真空压辊。再一种特殊布置的真空反压榨是所谓倒压榨。它是将吸风式真空压榨的压辊倒转布置（图 5-17）。这种反压榨一般是用在第二或第三道压榨上，没有引纸的困难。

### 三、沟纹压榨

典型沟纹压榨的结构和布置与普通压榨相类似，只是采用了表面有很多沟纹的辊筒作压榨下辊。

沟纹压辊是在 20 世纪 60 年代广泛研究压榨脱水机理的基础上发展起来的。使用沟纹压辊时，可以提高压榨的线压力而无压溃和产生印痕的危险，压榨后的纸幅干度高而且脱水均匀。在某些高速造纸机上，沟纹压榨部分地取代了真空压榨。此外，沟纹压榨适用于旧纸机普通压榨的改造，不需要添设真空系统及其动力装置，既方便，又经济。

沟纹压榨的脱水原理如图 5-18 所示。下压辊的辊面有很细密的、环形或螺旋形的沟槽。这些沟槽为压区内被挤压出的水分提供了排泄的渠道。沟槽使压区的下方与大气相通，压区内的水分可以沿着垂直的或接近于垂直的方向穿过毛毯进入沟槽。水分在毛毯内所需横向（水平）移动的距离不大于沟纹间距离的一半，流阻较小，使压区的排水有比较理想的条件，这是沟纹压榨具有较高脱水效能的主要原因。

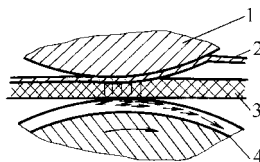


图 5-18 沟纹压榨的脱水原理示意图

1—压辊上辊 2—湿纸幅 3—毛毯  
4—沟纹压辊的辊面沟槽

沟纹压榨的效能和沟纹的结构有关。目前使用的沟纹形状是逐渐地改进和完善起来的。最初的沟纹压辊上，采用了较宽的沟纹并有较大的开口面积（达 50%，即辊面上的沟宽和面宽之比为 1:1）。它并没有显著地改善压榨的脱水性能。以后逐渐减少了开口面积并加大沟纹深度，逐渐提高了其压榨脱水效果。目前，适用于具体生产条件所需沟纹的规格，仍需通过实验和逐步地改进来确定。一般高速造纸机上比较好的沟纹规格是：沟宽约 0.5 (0.4~0.6) mm，深 2.5mm，沟纹节距约 3.2mm，其开口面积大约是 16%。

目前常用的沟纹压辊是包胶辊。为了避免压区中沟纹发生过大变形而闭塞，包胶层的硬度较一般压辊稍高一些，厚度也小一些。由于沟纹压辊的包胶层在压区内的变形较剧烈，容易发热升温，甚至软化爆裂，所以对包胶质量要求较高。必要时，沟纹压辊内部应通水冷却。沟纹压辊的磨损较快，需经常地复磨和车纹。沟纹压榨辊的使用周期往往只有 1 年或更

短一些。包胶的沟纹压辊也容易被掉入压榨的纸团等杂物损坏。

为了改进沟纹压辊的使用性能,开始发展和使用金属沟纹压辊。最初的金属沟纹压辊是一种套有沟纹不锈钢套筒的辊筒。辊面的沟纹宽 1mm,节间 3mm,经过仔细的加工和抛光,以防止被纤维堵塞。这种沟纹压辊加工困难,在使用中因沟纹内应力集中,容易断裂。最新的金属沟纹压辊是绕制的(图 5-19),并可以制成更细和更深的各种形状沟纹。金属沟纹压辊通常都是采用可控中高辊类型的结构,所以具有较小的外径。

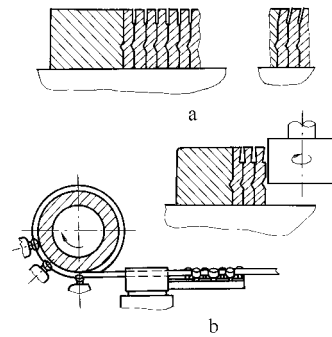


图 5-19 绕制的沟纹压辊

a—两种常用的沟纹形式 b—沟纹的绕制示意图

当造纸机的抄速高于 600m/min 时,压辊沟纹内的水分会被离心力抛出,沟纹压榨上的水分消除装置很简单,只需在压区前装一个普通刮刀。在较低车速时,则必须增设真空除水器,特制的刮水板或强力的变形水束来清除沟纹内的水分,保持沟纹压榨的效能。典型的一种真空除水器如图 5-20 所示。

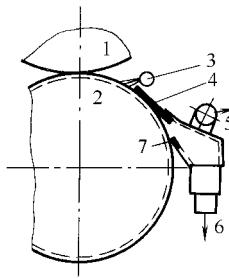


图 5-20 真空除水器

1—压榨上辊 2—沟纹压辊 3—除水器的喷水管 4—抹水器 5—真空接口 6—排至水封池 7—刮刀

#### 四、网毯压榨

网毯压榨是和沟纹压榨同时发展起来的一种新型压榨。它是在普通压榨的毛毯内衬套一条无端的塑料网而成(图 5-21)。衬网的织线比较粗和硬,通常是双层编织,重达 900g/m<sup>2</sup>,空隙容积约 1500cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>。这种网是不易被压缩的,它在毛毯的下部保持大量孔隙,为压区内被挤出来的水分提供了必要的排水渠道。在类似的条件下,网毯压榨的脱水效果和真空压榨相似。但网毯压榨在更高的压力下,也不会造成印痕。

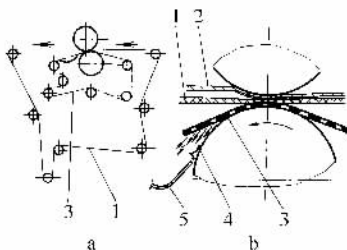


图 5-21 网毯压榨示意图

a—网毯压榨布置示意图 b—脱水原理示意图  
1—毛毯 2—湿纸幅 3—衬网 4—软刮刀 5—白水盆

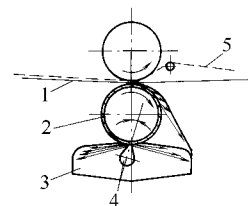


图 5-22 网套压榨

1—毛毯 2—网套 3—白水盆  
4—气刀(偏角 15°~30°) 5—湿纸幅

网毯压榨的衬网可以用于上毛毯(参看图 5-3),亦可用于下毛毯(图 5-21a),它们的效果无显著区别。网毯压榨用于不同的工艺条件时,可以选用不同规格的衬网。导网辊应有

足够的平直度和刚度，否则容易引起衬网打折。有时候采用弧形辊来舒展衬网。在网毯压榨的布置上，应十分重视压区后毛毯、衬网和纸幅的迅速分离，防止饱含水分的衬网回湿毛毯和纸幅。在衬网和辊面分离时，会在辊面留下薄的水层，可用橡胶刮刀除去。衬网带出的水分通常是直接甩入白水盆，有时候也用高风速真空箱抽出。

网套压榨可以看做是一个简化了的网毯压榨，其特点是在包胶压辊上（普通压榨下辊亦可）套上一层塑料网，然后两端牢固地加以固定。网套压榨的工作原理和网毯压榨相同。网套内的水分可以用气刀除去，如图 5-22 所示。

## 五、分离压榨

压榨的脱水原理是基于把水分从湿纸幅转移到毛毯，再把毛毯中的水分压掉。毛毯的含水量对压榨的影响十分重要。尤其在使用定量大的厚实毛毯和使用双毛毯压榨的情况下，降低毛毯的含水量会使压榨后纸幅干度明显地提高。

分离压榨就是把湿纸幅的脱水和毛毯的脱水分离开来，并分别在两个压榨上完成。如图 5-23 所示，湿纸的脱水是在一组普通压榨上进行，而毛毯的脱水和处理则使用单独的真空压榨。显然，这种压榨比较复杂。但它可以使用较高的线压力，压区前没有聚集的水层，也没有真空压榨高负荷下容易在纸幅中引起孔痕的问题。

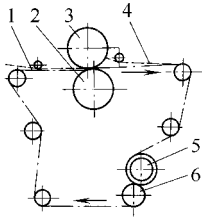


图 5-23 分离压榨示意图

- 1—毛毯 2—包胶压榨下辊  
3—花岗石上辊 4—湿纸幅  
5—包胶真空毯压辊 6—硬质毯压辊

## 六、盲孔压榨

从压榨的压区内需要排水渠道的观点来考虑，真空压榨在压区内的排水不是真空抽吸力造成，而是由于辊面存在大量小孔的缘故。因此，就尝试用盲孔压辊代替结构复杂并需要大量动力消耗的真空压辊。

盲孔压榨的布置如图 5-24 所示。盲孔压辊的包胶硬度约肖氏“A”90 度，表面钻有很密的小孔。通常使用的孔径为 2.5mm，孔深 10~15mm，开孔率约 29%。要保证盲孔压榨的效率，运转时小孔内不应当充水，在每转一圈时，孔内的水分都应排空。在高速造纸机上，盲孔内的水分大部分被离心力甩到辊面，用一般的刮刀即可清除。另一部分水分被毛毯吸收，再借吸水箱从毛毯中吸走。在车速低于 250m/min 时，可以采用气刀，借助高速喷向辊面的空气，把水分从盲孔内吹出。

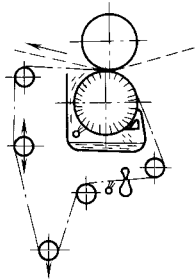


图 5-24 盲孔压榨示意图

## 七、高强压榨

高强压榨（图 5-25）的压区是由花岗石辊和一个小直径的不锈钢沟纹辊组成，由于压区很窄，能产生相当高的压强。同时，窄小的压区有利于水分的排除和缩短压区后半部纸幅与毛毯的接触时间，从而减少毛毯对纸幅的回湿作用。生产规模试验表明，高强压榨在纸幅定量变化很大范围内均有良好脱水效果，在幅宽上的脱水匀度好，并能纠正纸幅横向湿度波动。

高强压榨上的小直径不锈钢辊通常称高强辊。设计中要十分注意选用其直径（通常为 75~250mm）和沟纹的形式。高强辊位于花岗石上辊和包胶底辊之间，如果位置调整恰当，它会在所有外力均相互平衡的状态下转动（去掉高强辊的支承后仍能保持其平衡状态）。所以要求操作者在每一次车速或负荷变动时，要对高强辊位置细心加以调整。

高强压辊要求使用高质量的毛毯。

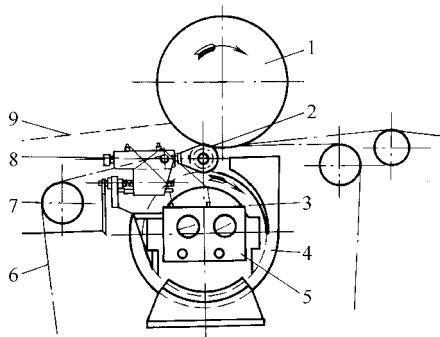


图 5-25 高压压榨示意图

1—花岗石辊 2—高强辊 3—包胶底辊  
4—承水盘 5—挡板 6—毛毯 7—调节棘轮手柄  
8—液压缸 9—湿纸幅

## 八、平滑压榨

平滑压榨往往又被称为光泽压榨，它没有压榨毛毯，不起脱水的作用。

平滑压榨的下辊通常包铜，上辊包胶。湿纸幅通过平滑压榨时，较粗糙的网面与平滑的金属面接触，可以减少纸幅两面平滑度的差别，同时使纸幅紧度提高。据称平滑压榨可以改善纸幅与烘缸表面之间的热传导，能够减少需用烘缸数量的 3%~5%。

纸幅通常是成直线地通过平滑压榨。用压缩空气或引纸绳递纸时，没有引纸的困难，可以在各种车速的造纸机上应用。平滑压榨要求浆料的清洁度高。如果浆料中的砂粒和树脂等杂质的含量较高时，平滑压榨的包胶辊很快便被这些杂质粘住，失去平滑的表面，从而被迫停用平滑压榨。

## 九、靴式压榨（宽压区压榨）

### （一）概述

20 世纪 80 年代初推出了最新型压榨，即宽压区压榨，也称为靴式压榨或称靴形压榨、靴型压榨。这种压榨有很宽的压区，纸页在高压下有较长停留时间。该压榨更有利于纸幅的固化，使去干燥部的纸页更干更强韧。宽压区压榨示于图 5-26。关键性部件是固定的靴形加压板和不透水的合成胶带，它们组成双毛毯压区的底面部分。靴形板用润滑油连续润滑，其作用好似胶带的“滑动支承面”。

靴式压榨在 254mm 长的靴形板上平均加压 4130kPa，相当于用正常压榨方法加压到 1050kN/m。它有相对较低的压力，再加上可控的压缩率，减少了纸页压溃的可能性。

由于压力可维持很长时间（直至传统压辊压榨的 8 倍），这就实现了脱水方面的一个重大跃进（见图 5-27）。靴式压榨到目前为止，主要用于高定量纸种（挂面纸板和瓦楞芯纸）。将靴式压榨的原理应用于低定量纸种时，上辊挂面层要有良好的“不粘纸”性能，允许单毛毯运行和能经得起压榨的加压，并可获得高纸页干度和良好的纸幅固化性能。图 5-28 是其中的一种形式。该装置下辊有一个转动壳体、固定轴和液压靴形板。带抗扰控制的液压承托辊在液压靴形板的对面运行。最大加压负荷相当于 980kN/m。

另一种靴式压榨，包括一个含中凹靴形板的柔性辊壳的下辊，其上辊为抗挠辊。该压榨简图示于图 5-29。

不少工厂安装了两台串联的靴式压榨。串联靴式压榨的出口干度，比靴式压榨后面接一个或几个辊式压榨的干度要高出 3%~4%。图 5-30 显示一压和二压都使用宽压区压榨的简图。



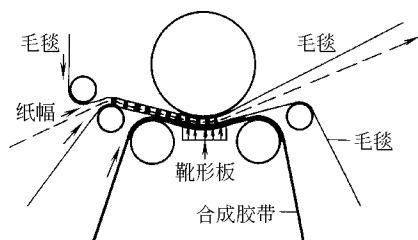


图 5-26 宽压区压榨装置

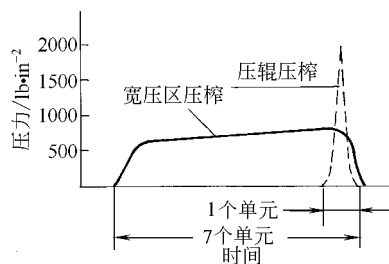


图 5-27 压区的压力分布 (1lb/in=6.9kPa)

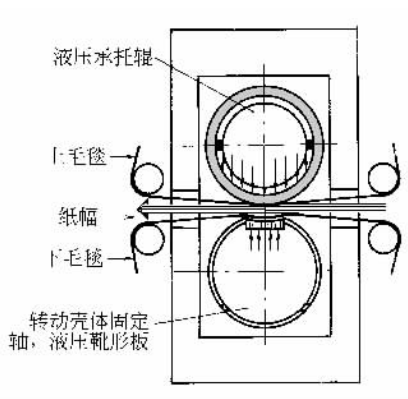


图 5-28 Flexonip 压榨 (Voith 公司)

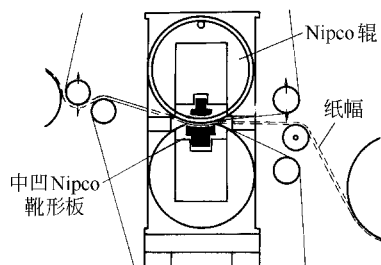


图 5-29 Intensa 压榨 (Sulzer Escher Wyss)

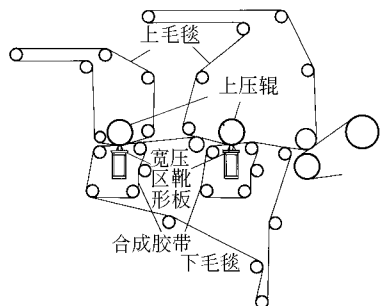


图 5-30 串联式宽压区压榨 (Beloit 公司)

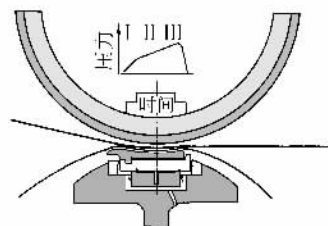


图 5-31 NipcoFlex 压榨压区

## (二) 靴式压榨技术

图 5-31 所示的为典型的靴式压榨，其特点是简单、可靠。压榨靴全部使用液体动力润滑，并保证最佳的线压分布 (见图 5-32)。其特点是脱水前压力急剧上升，紧接着在脱水期间压力较平稳地上升到相对低的最大压力。在出压区时压力又急剧下降以防止回湿。

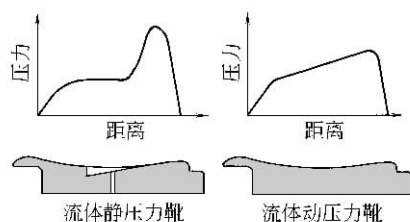


图 5-32 油压槽对线压分布的影响

这种靴式压榨由被隔离层隔离的中凹状的顶部和刚性的底部组成，隔离层是一种复合结构，它可防止压榨靴由于进压区时的冷区和出压区时的热区所引起的热变形。因为油变热，在润滑区引起的热变形是不可避免的。

另外，冷油经油槽直接送到压区以便限制进出压区之间温度的变化。这除了有能量消耗外，油槽还有两点主要的缺陷：它们产生压力平台，即不可避免会导致阶梯式压力梯度；同时导致较高的最大压力，运行经验证

实，当有杂物随油流经压区时容易从内部造成压榨辊套的损坏。

NipcoFlex 靴式压榨由单排的液压元件压在支承辊上（图 5-33）。辊的衬套采用不对称排列，压榨靴向压区入口处偏移。对称的压榨靴排列会产生不希望有的对称的线压曲线，或者需要双排施压元件以保证获得像图 5-32 一样好的线压分布。

NipcoFlex 施压元件在辊的宽度范围内按单区排列，并通过共用管道供油（图 5-34）。考虑到纸幅宽度的变化，在辊的两端仅安装较小的施压元件。距端部大约 150mm 宽的压区内，线压和水分曲线会有较大的变化。由于压榨靴的弹性，靴式压榨可以在压区宽度内没有任何额外误差地施加理想的等线压。这样可以获得均匀的横幅水分分布曲线。实践证明 NipcoFlex 压榨不需要进行压区校正。线压分布不均匀（如对烘干部横向水分分布进行预先补偿），会造成毛毯在使用寿命期间特性不均匀的变化，从而给生产造成另

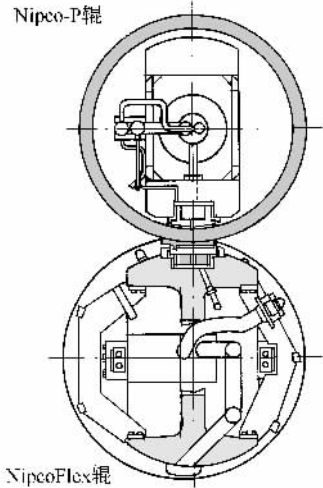


图 5-33 NipcoFlex 压榨的横截面

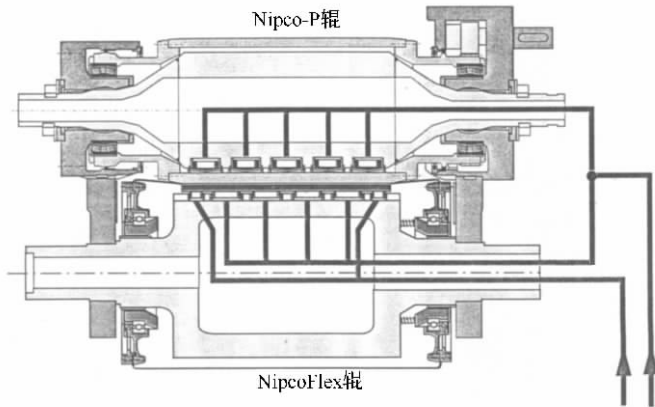


图 5-34 NipcoFlex 压榨的纵剖面

NipcoFlex 靴式压榨的另一个优点是 Nipco-P 支撑辊的位置固定（图 5-34）。由于辊壳的轴承距与支承点位置相同，所以它的位置不受不可避免的梁的偏差的影响，这就保证压榨靴套和刮刀的工作条件的恒定。由于 Nipco-P 靴的液压施压元件与靴式压榨有同样的压区面积，所以控制简单又可靠，辊壳或轴承没有损坏的危险。

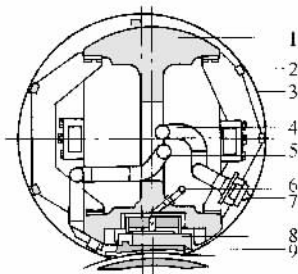


图 5-35 倒置的 NipcoFlex 靴的截面

- 1—支架 2—靴套导条 3—压榨靴衬套
- 4—润滑和冷却油 5—回油管
- 6—液压力 7—润滑油分配器
- 8—压榨组件 9—压榨靴

新的 NipcoFlex 靴如图 5-35 所示，它是 Flexonip 压榨靴的结构与 Intensa 压榨压力系统的结合。由单独的组件压着靴子、靴由顶部和底部相互隔热的部件组成。因此，基本上避免了热变形。靴在压力方向是不对称的，偏向进压区一侧。同样地，柔软的靴子外套在压力方向也是不对称的，这样可以使靴套在进入压区处形成更合适的几何形状。压榨靴和靴套之间的润滑是纯粹液压的，为此润

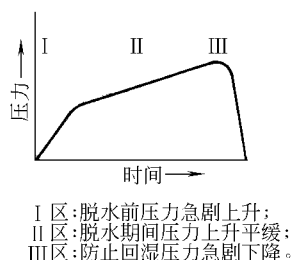


图 5-36 理想的压力曲线

滑油分布管将冷却油均匀地喷到刚刚离开压区的辊套上，从而避免了辊套的磨损。它的另一个优点是延长了采用加强纱线的 Quali-Flex 压榨辊套的平均寿命。

如图 5-36 所示，靴的压力曲线分成三个特性区域，在第一区压力急剧上升直至脱水阶段开始（第二区），在第二区压力逐渐上升以保证均匀加压。在第三区压力急剧下降以防止回湿。这种压力特性对平缓的脱水和具有高松厚度的均匀纸幅结构是不可缺少的。除此之外，压力曲线的适度倾斜和较低的最大压力也延长了毛毯和辊套的使用寿命。

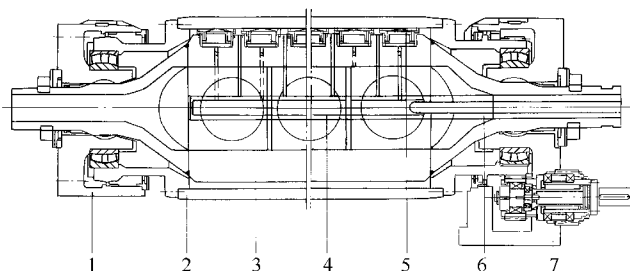


图 5-37 Nipco-P 辊的纵向剖面

1—轴承箱 2—辊套 3—支撑结构 4—压力油 5—压榨组件  
6—回油管 7—传动

NipcoFlex 靴的配对靴——Nipco-P 靴如图 5-37 所示，它将传统 Nipco 靴的优点和压靴稳定的轴承定位相结合。实际上 Nipco-P 符号就象象征着“位置—稳定”。该靴的轴承与主靴的轴承位置相同，因此不受横梁变形的影响，这给压榨运行带来一些重要的优点。根据 Nipco 原理，靴壳是在内部液压组件的支撑下运行的。如图 5-38 所示，这是在两根靴子相同的支撑表面，在同一油管提供的液压油的支持下运行的。这使得控制非常简单和可靠，只需一个阀门，而且在任何情况下无论是靴的轴承还是靴壳都不会被损坏。当纸幅宽度变化的情况下只需在边缘用小的补偿元件就可以进行压力释放。

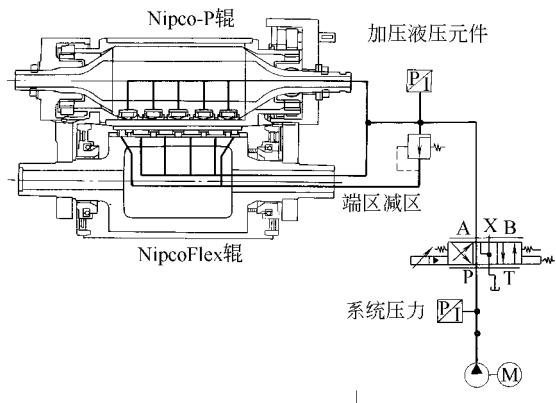


图 5-38 NipcoFlex 靴式压榨的压力系统

### (三) 靴式压榨的应用

靴式压榨首先被用在纸板和包装纸的纸机上，它们适用于几乎所有工作范围的造纸机，并可以应用在书写纸、印刷纸及其他纸的生产。

NipcoFlex 靴式压榨在包装纸机的最后压区运行结果表明可提高 15% 的干度，在某些情况下甚至超过上述值。在挂面纸机上可得到 51%~54% 的最终干度。这种纸干度的提高必然带来较高的密度，以至于耐破度、抗张强度、RCT 和层间粘合强度也同样有明显的改善。Tandem-NipcoFlex 压榨（图 5-39）适合用于生产牛皮纸板、高耐破纸板和瓦楞纸板，

除了上述提到的提高干度外，还具有从网部通过双压区到烘干部为全封闭和运行非常可靠的优点。

对于包装纸机，靴式压榨的较平缓的压力坡度，长的脱水时间和低的线压也使它们可理想地用于纸板和牛皮纸袋纸。它更适合这些纸种，因为这些纸种对压榨更敏感，平缓的脱水可带来较高的质量和较大的经济效益。NipcoFlex 压榨的最新应用是用在纸浆脱水设备上。

在新闻纸机上世界上第一套靴式压榨自 1994 年运行以来获得了成功。产量超出预期的 27%。如图 5-40 所示。

用于书写和印刷纸的靴式压榨自 1995 年起在不含机浆的复印纸造纸机上运行。干度从 43.5% 提高到 50%，辊套使用寿命长，见图 5-41。表 5-2 表示了改造前后的情况。

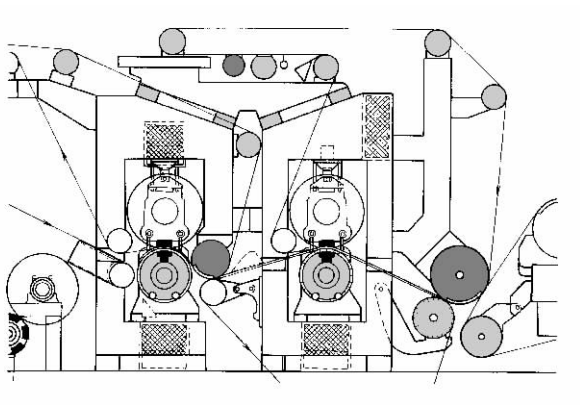


图 5-39 Tandem NipcoFlex 压榨安装在 7250mm 宽挂面纸板机上

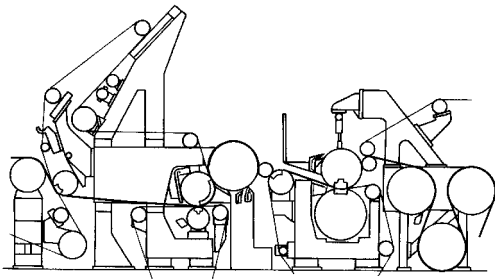


图 5-40 DuoCentri NipcoFlex 压榨安装在 9650mm 宽的新闻纸机上

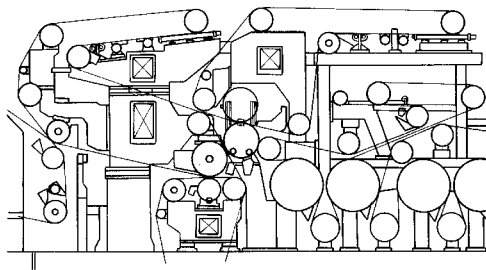


图 5-41 不含机浆的复印纸纸机的压榨部

表 5-2 不含机浆的复印纸纸机的压榨部改造前后的参数比较

|                   | 改 造 前    | 改 造 后     |
|-------------------|----------|-----------|
| 线压力/(kN/m)        | 70/70/90 | 70/90/550 |
| 工作车速/(m/min)      | 900      | 1150      |
| 三压后的干度/%          | 43.5     | 50        |
| 厚度/ $\mu\text{m}$ | 104      | 104       |
| $\delta$ 粗糙度/%    | -12      | -10       |

用于书写印刷纸的靴式压榨，该纸机设计车速为 1800m/min，实际运行车速 1672m/min，网部的宽度是 9650mm，年产量 27 万 t。DuoCentriNipcoFlex 压榨的第三压区为靴式压榨，由于在第一开式引纸处具有高的干度，所以能实现封闭式引纸，这样保证有良好的运行性能（图 5-41）。

对于不含机浆的涂布纸种，在 NipcoFlex 压榨确保最佳的线压分布的情况之下，这些容易留下痕迹的纸种的干度能很容易地提高 3%~4%。普通压榨常见的问题，如不均匀的水分分布或振动造成毛毯起皱等，都不会在这种结构上发生。图 5-42 为靴式压榨应用于涂布

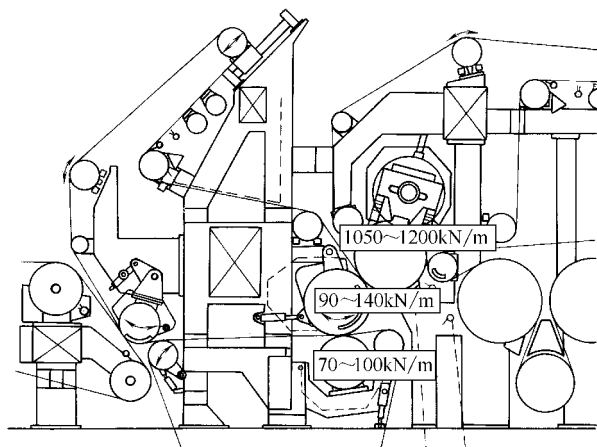


图 5-42 红塔仁恒纸业涂布白纸板机多压区靴式压榨

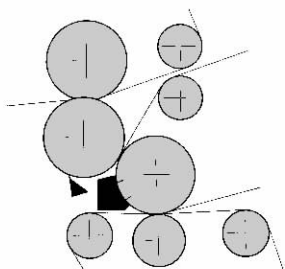


图 5-43 设置在三压区压榨的第三压区靴式压榨

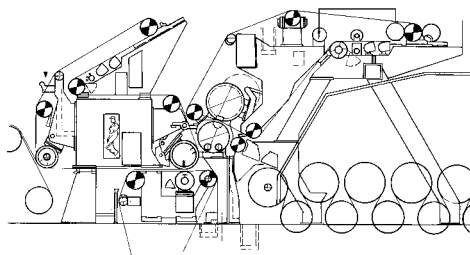


图 5-44 双靴式压榨压榨部

去掉压榨部的开式引纸促进低定量纸机压榨部结构的改造。如图 5-45，压榨部由一条双层毛毯直接通过靴式压榨而且没有使用开式引纸引至干燥部。

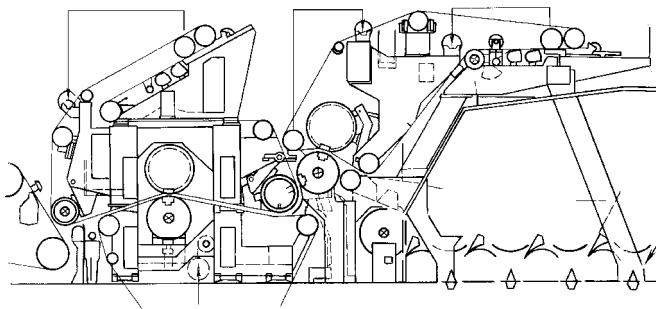


图 5-45 无开式引纸的低速纸机靴形压榨

对于生产包装纸和纸板的造纸机压榨部，靴式压榨一般布置在最后一个压区，如图 5-46、图 5-47 所示。

#### (四) 技术经济效果

将 DuoCentri NipcoFlex 压榨与一个传统的 3 压区压榨另一道正压相比较。仅以干度提高 3.5% 计算，DuoCentri NipcoFlex 压榨在以 1500m/min 车速运行的新闻纸机上，每吨纸节约 5.20 马克的蒸汽消耗成本，且由于去掉了第四压榨，每吨纸节约了 0.80 马克的电耗。此外，总共仅用 3 张毛毯，在毛毯成本上每吨纸节约 0.9 马克。同样辊的包层和整饰成本每

白纸板的情况。

在造纸机上的压榨形式有好几种。选用形式决定于纸机年限和具体产量。目前用的最多还是三压区压榨，1994 年第一台配有靴式压榨的定量书写印刷纸机问世，早期的靴式压榨设置在三压区压榨的第三压区，如图 5-43。

靴式压榨同时设置在一、三压区，可以认为，从脱水方面考虑，第一压区适合设置靴形压榨。第一压区水的载荷是最大的。这类压榨在压榨后固容物含量高 50%。图 5-44 所示的为双靴式压榨的压榨部。

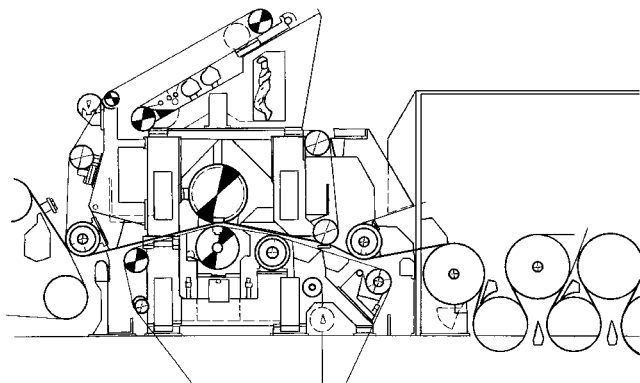


图 5-46 挂面纸板的现代压榨部

吨纸也减少 0.70 马克。即使包括新的压榨辊套的成本，DuoCentri NipcoFlex 压榨还是每吨纸共节约 6.20 马克。结果是以较低的投资成本进一步改进压榨部，而且在某些情况下由于干燥部缩短，投资成本也降低了。

#### (五) 靴式压榨的发展

最便宜的靴式压榨是以运用大直径辊筒形成的压区为基础的（也称 LNP）。辊子直径 1500~1900mm。辊面弹性和毛毯压力形成长度为 80~120mm 的压区。这已经比常规辊筒压区长度有了显著提高。常规辊筒压区长度为 20~60mm。靴式压榨压区长度一般为 150~300mm。

早期的靴式压榨提供一个既定的压力脉冲，在纸机运行中不允许改变。一些现代的靴式压榨可调整斜度，这样可改变纸机内部压区曲线的形状。

到 1994 年，这些压榨形式被安装在大定量纸机上，宽压榨技术的发展，包括单毛毯和可调的压区形状发展，已运用到高定量白板纸机中。从第一台低定量纸的靴式压榨装置在新闻纸机上安装以后，靴式压榨在印刷纸机上的应用保持高速增长势头。预计在印刷纸造纸机上靴式压榨将逐步取代老式的三压区和新式的四压区部分。

新的技术要求已经明确：封闭式运行、最高的干度、最小的两面差、良好的结构和表面特性。同时，设计必须紧凑，价格必需合理。在这个方向上，一种革新方案是采用 Duo-NipcoFlex 压榨，它是一种三压区压榨，在第一和第三压区采用靴式压榨（图 5-48）。

迄今，靴式压榨主要用在生产纸板和包装纸的纸机上，目前才刚刚开始用于生产含磨木浆和不含磨木浆的印刷纸。世界上第一套新闻纸机的靴式压榨运行经验证明该技术同样能很好地应用在生产新闻纸的纸机上。在改善干度、提高产品质量和产量方面有很大的潜力。用靴式压榨替代传统的第三压区，

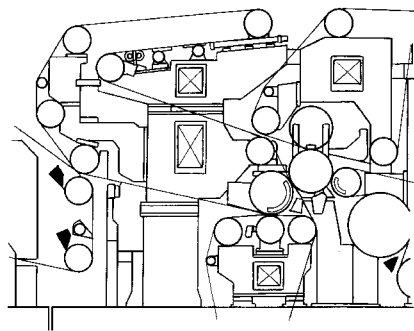


图 5-47 带有靴式压榨、平滑压榨的折叠纸箱及液体包装纸板压榨部

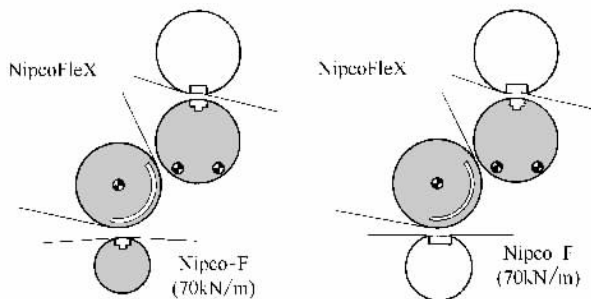


图 5-48 Duo -NipcoFlex 压榨

干度提高了 5%，达到 49%~50%（尽管速度提高了 200m/min 达到接近 1200m/min），这是因为线压增加了六倍（见图 5-49）。这样也使产量增加 16% 以上，而松厚度不但没有减少，反而稍有增加。同时，软压光后纸张的平滑度和两面差也改善了。

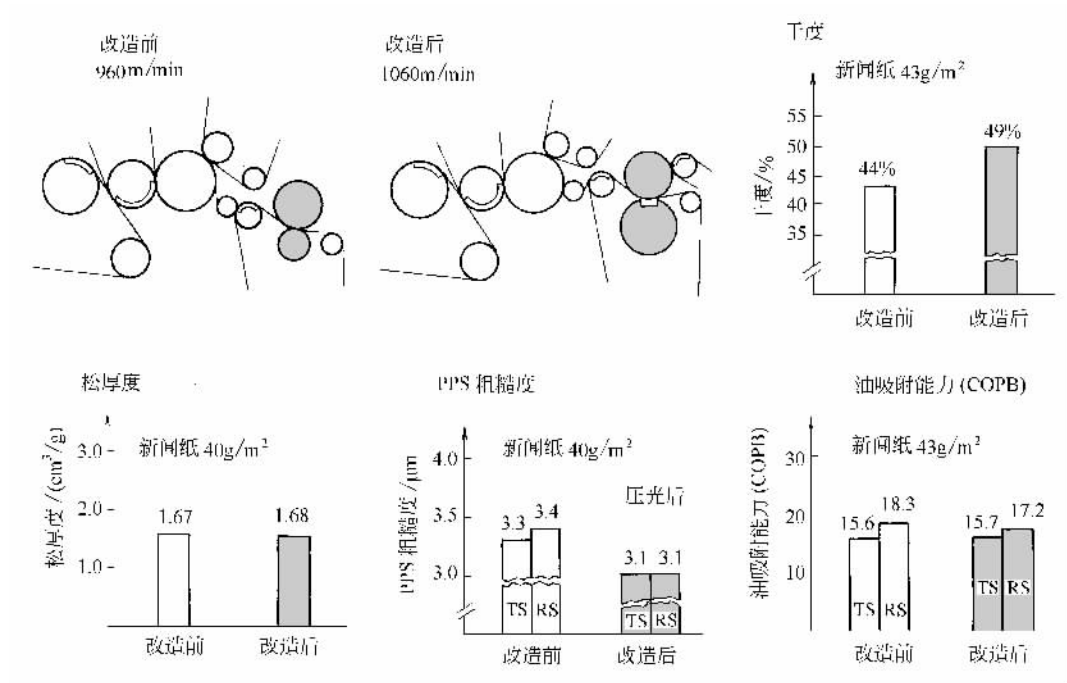


图 5-49 改造成 NipcoFlex 后的技术效果（Perlen No. 5 新闻纸机）

对于高速度纸机，可采用带封闭罩的靴式压榨。1996 年中期世界上第一套在第三压区带靴式压榨的四辊压榨在 9.6m 宽，速度为 1800m/min 的新闻纸机上投入生产。与现有的压榨相比，Duo-NipcoFlex 压榨（见图 5-50）的设计代表真正的质量上的飞跃。在速度 1700m/min、定量 42g/m<sup>2</sup> 的条件下运行，压榨后的干度达到或超过 48%，这种纸机的生产能力肯定很高。另外一个超过传统的四辊压榨的优点是在最后压区脱水期间保留了高的松厚度。

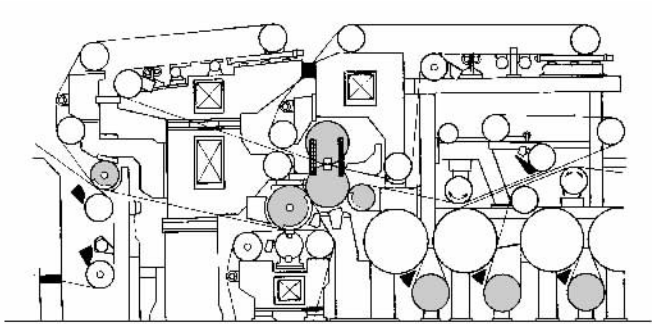


图 5-50 Duo-NipcoFlex 压榨的应用实例

靴式压榨在不含磨木浆的书写印刷纸中推广使用之前，仍需要进行许多测试，积累运行的经验。然而，靴式压榨不仅带来较高的干度和较大的生产能力，而且更突出的是改善了产品质量，这一趋势是很明显的。由于这些原因，靴式压榨将很快成为生产印刷书写纸以及纸板和包装纸的现代化设备。

## 十、热 压 榨

这种新型压榨设计,是用一个大型钢辊,内通蒸汽加热,以改善纸页的脱水。纸页在2~3m直径的大辊上加热,辊面是用特种合金制成以加强热量的传递。大直径钢辊可与各种不同的压榨装置结合使用。常用做三压区压榨中的中心辊。

这类压榨已在生产低、高定量纸种的纸机上使用。典型的压榨加压为140~175kN/m。要求出口纸页干度为52%~56%。这样高的纸页干度主要是由于纸页加热的结果。

## 十一、脉 冲 干 燥

脉冲干燥是目前正在开发的压榨技术。这种压榨压区的上辊加热到十分高的温度,以便在压区产生蒸汽,将水分逐出纸页(图5-51)。所用的压区温度150~480℃,压力275~690kPa,停留时间100~150ms。实验室研究表明,固形物含量50%的新闻纸,在254~460mm长的压区可脱水到90%固形物。压榨加压、长时间停留以及高温的综合利用,使其脱除的水量要比传统压榨多得多。能耗要比传统的少一半,但这要使用电代替蒸汽。目前正在研究解决纸页粘附到加热压辊和纸页分层的问题。

“压榨干燥”的术语是指在一定的制约和技术范围内,综合应用压榨和干燥作业。它所包含的压缩压力和表面高温,足以使纸页内温度超过100℃。纸页在受制约情况下干燥,限制了平面收缩。已经推荐了几种压榨干燥设备,但尚未见有在工业上正式使用。

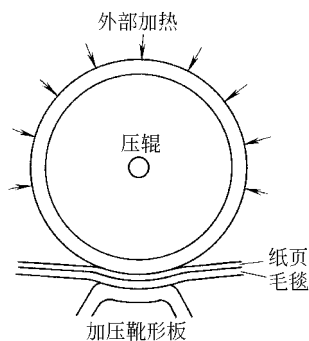


图 5-51 脉冲干燥器

## 第三节 压榨部的引纸装置

### 一、开 式 引 纸

中速和低速造纸机上普遍使用开式引纸(图5-52)。湿纸幅自铜网的剥离和传递至压榨部是依靠第一压榨的速度和网部速度之间有一定的速差和由此使湿纸幅产生的张力来完成的。湿纸幅在网部和压榨部之间有一段是没有承托的纸段。

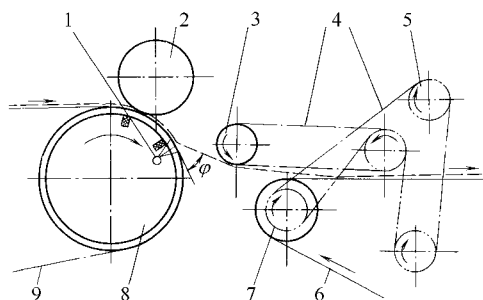


图 5-52 开式引纸

- 1—领纸时使用的压缩空气喷嘴 2—上伏辊  
3—导纸辊 4—传动绳 5—绳轮 6—毛毯  
7—导毯辊 8—真空伏辊 9—成形网

要把湿纸幅传递到压榨毛毯上,首先要完成领纸操作,通常是用人工或压缩空气,把用水针划下的一条窄幅湿纸移至压榨毛毯上,然后再逐渐扩大到全幅宽度。为便于领纸操作,靠近伏辊的一个导纸辊通常是从邻近的导毯辊得到传动(图5-52表示的是绳轮传动),并可以作上下的起落运动。

湿纸幅的开式引纸中,第一压榨的网部的速



差通常为 1.5%~6%，也就是湿纸会产生 1.5%~6% 的伸长。过大的伸长不仅影响纸张质量，而且在纸幅中造成很大的应力，引起纸幅的断头。随着造纸机车速的提高，开式引纸时纸幅的应力迅速增大，一旦应力接近纸幅的湿强度时，断头便频繁地发生，致使纸机不能正常操作和运转。湿纸在伏辊外的剥离是造纸机上断头最多的部位，也常常是妨碍造纸机车速提高的主要障碍。

除去由于浆料中有浆疙瘩、腐浆等杂质，或是纸幅的厚度不均、压榨和网部的速差不当等因素造成纸幅的断头以外，要防止伏辊处的断头，关键在于减小剥离时纸幅的应力，或是增大纸幅的湿强度。

在湿纸幅自网面剥离的过程中，在克服湿纸幅在铜网表面的附着力（包括机械附着、表面张力、分子引力等）的同时，还伴随着纸幅的弯曲、伸长等塑性变形。此外，纸幅脱离网面时还受到巨大的向心加速度的作用。

低速剥离时，湿纸幅内的应力是克服铜网表面附着力所需张力产生的，主要决定于克服单位面积网面附着力所需的功（剥离功）和湿纸幅的剥离方向（剥离角  $\phi$ ，见图 5-52）。剥离功决定于铜网的表面状态和湿纸幅的特性，并随剥离角的增大而增大。剥离角影响到剥离所需张力的大小和剥离过程的稳定。适当地增大剥离角可以降低引纸张力，改善造纸机的运转状况。但过大的剥离角容易引起剥离线的波动，造成纸幅的松断。实际生产中采用的剥离角为  $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，较低速度的造纸机上可考虑选用较大的剥离角。

高速剥离时，湿纸幅内的应力主要由于纸幅运行中的离心力所造成。随着造纸机车速的提高，离心力的影响迅速增大。纸机车速超过  $200\sim 250\text{m/min}$  后，离心力引起的应力逐渐成为主要的应力。这个应力仅决定于车速和纸幅干度，而与其他因素无关。所以开式引纸只适用于一定的车速范围。例如，新闻纸的湿强度约为  $100\text{N/m}$ ，考虑到纸幅在幅宽上强度的不均匀性和必要的操作安全系数，相应的计算表明，开式引纸的极限车速为  $600\sim 700\text{m/min}$ 。实践中开式引纸通常仅使用在  $500\text{m/min}$  以下。

减少伏辊处纸幅断头的另一措施是增加纸幅的湿强度。湿纸幅的强度是基于纤维间的摩擦力，因而和纤维的形态（即抄造的纸种）、长纤维的含量和纸幅的湿度等因素有关。适当加强网部的脱水、提高纸浆的打浆度和增加纸浆配比中长纤维的含量等，都会减少伏辊的断头，但它们都增加纸张的成本，应用有一定的限度。在我国比较广泛使用草类浆、苇浆和甘蔗渣浆，用它们抄造纸幅的湿强度都较低，采用开式引纸时，纸机车速的提高受到很大的限制。

## 二、真空吸移装置

为消除伏辊处的断头，高速造纸机上广泛使用真空吸移装置来完成湿纸幅自铜网的剥离和传送。传统的真空吸移装置的布置如图 5-53 所示。首先，在网部的伏辊后设置驱网辊，使伏辊后铜网有一个直线段。在这里，湿纸幅被真空吸移辊全幅吸起，并附着在引纸毛毯下面运行到传递压榨。在传递压榨上湿纸幅在真空作用下转移到第一压榨的毛毯上，然后进入第一压榨。至此，湿纸幅从伏辊网面的剥离问题便转化为湿纸幅从一压上辊表面剥离的问题了。湿纸幅经过传递压榨和第一压榨的脱水后，干度和湿强度大为提高，纸幅的断头就自然少了。

真空吸移辊通常有两个真空室。第一真空室的宽度为  $70\sim 90\text{mm}$ ，真空度  $60\sim 70\text{kPa}$ ，用来使湿纸幅与铜网分离。第二真空室宽度为  $140\sim 200\text{mm}$ ，真空度为  $40\sim 50\text{kPa}$ ，用来使

湿纸幅附着在毛毯上而不致被离心力抛离。真空吸移辊可以升降，用万向形轴节和传动系统连接，被抽出的水气通过空心的轴承臂进入真空系统。

引纸毛毯应有高的透气度，定量约  $800\sim 850\text{g}/\text{m}^2$ 。它在工作中应保持较高的含水量，才能使湿纸幅可靠地附着其上进入传递压榨。引纸毛毯（尤其是两侧部分）容易被细小纤维和填料等堵塞弄脏，必须使用高效的毛毯洗涤设备。通常是使用真空或沟纹的毯压榨，并配置真空吸管式洗涤器。有时还在两侧增设长度为  $400\sim 600\text{mm}$  的真空管式洗涤器。引纸毛毯的使用周期通常只有  $2\sim 3$  星期。

传递压榨的结构和真空压榨相似，它和第一压榨共用一条下毛毯，常用的线压力为  $150\sim 200\text{N}/\text{cm}$ ，真空度为  $30\sim 40\text{kPa}$ 。由于引纸毛毯湿含量较高，传递压榨的脱水效能一般都不高。由于传递压榨有类似一种预压的作用，其后的第一真空压榨上可以采用较高的线压力，通常达  $300\sim 400\text{N}/\text{cm}$ 。

真空吸移装置比较复杂，对传动要求有较高的同步性。单位成纸的电耗增加约  $20\%$ ，毛毯耗量也有增加，压榨部的维修和操作也变得复杂一些。因此只是在必不可少的情况下才采用它。

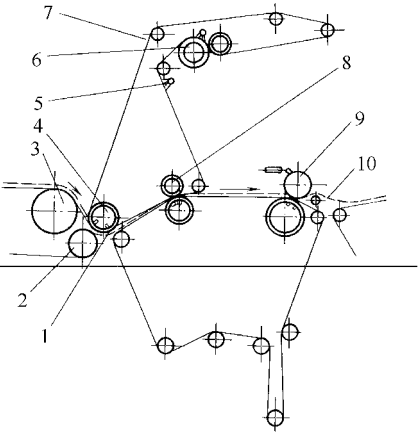


图 5-53 真空吸移装置示意图

- 1—被剥离的纸幅(附着在毛毯下) 2—驱网辊  
3—伏辊 4—真空吸移辊 5—喷水管  
6—真空毯压榨 7—引纸毛毯 8—传递压榨  
9—第一压榨 10—引向第二压榨的纸幅

## 第四节 复式压榨

### 一、复式压榨（带真空吸移辊系列）

#### （一）真空吸移装置应用的局限性

传统真空吸移装置的共同特征是用真空吸移辊将湿纸幅从铜网转移到毛毯的下表面，然后送入传递压榨。这种装置的局限性在于仅仅依靠表面张力使湿纸幅贴附在吸移毛毯的下表面。为了使表面张力大到足以支持湿纸幅的质量而不致落掉，要求毛毯和湿纸幅间有良好的接触并在其间保持有水的界面。因此，引纸毛毯必须有良好透气性，以减少毛毯中的压力降，同时毛毯要有足够的含水量，以维持水的界面，这就限制了从压榨脱水的角度来选用毛毯，促使传递压榨的脱水作用处于低效状态。传统的真空吸移装置比较适用于较低定量的纸张，一般以低于  $100\text{g}/\text{m}^2$  较好。当纸的定量超过  $160\text{g}/\text{m}^2$  时，使用它就相当困难了。

此外，传统的真空吸移装置的作用仅仅是将湿纸的剥离问题从伏辊转移到了第一压榨。考虑到真空吸移装置的脱水效能较低，如果生产的是湿强度低的纸时，第一压榨上的纸幅断头的可能性仍然相当大。造纸机的车速将受到一压上辊表面湿纸幅的剥离张力的限制，也就是受到一压的开式引纸的限制。

#### （二）改进真空吸移装置性能的一种复式压榨

图 5-54 表示一种最简单的复式压榨。这种复式压榨可用以改进真空吸移装置的引纸性能。在这种压榨上，真空吸移辊是多真空室的，其中低真空度的中间部位真空室用来传递纸

幅。这种引纸方法对于各种定量的纸幅和各种抄速都是完全可靠的，不依赖于引纸毛毯的性能及其含水量。这样就有可能根据纸幅的脱水和成纸的质量的要求来选用毛毯，提高毛毯的干度，增加压榨的线压力。使用这种复式压榨代替传统的真空吸移装置时，不但大大提高一压上开式引纸的纸幅干度，减少一压的断头，而且减少了设备数量和占地面积，有利于损纸的排除，适用于旧纸机真空吸移装置的改造。

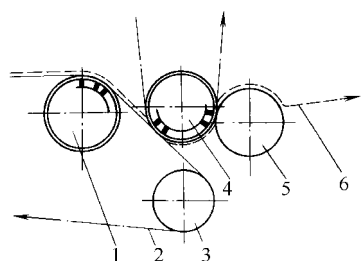


图 5-54 一种简单的复式压榨

- 1—真空伏辊 2—铜网 3—驱网辊  
4—三室式真空吸移辊 5—花岗石辊  
6—湿纸幅

### （三）带吸移辊的复式压榨系列

对于脱水困难和难于剥离的纸幅，经过一次压榨后常常还不能达到可靠的开式引纸所需的干度。显然，可以在上述复式压榨上再增添一条毛毯和一个压辊，便可以将开式引纸推向后再经过一个压区，这就提高了开式引纸的可靠性。由此便形成三辊的复式压榨。这种类型的复式压榨可以有不同数量的毛毯（条数）和使用方法。生产低定量的纸张（如复写纸、卷烟纸等）或是使用易于脱水的浆料（如磨木浆）时，最好在复式压榨上布置单毛毯的压区。相反，对于定量或难于脱水的纸幅（如瓦楞纸板、防油纸等），合理的是布置双毛毯的压区。

这类复式压榨（即带吸移辊的复式压辊系列）可以按下述方法划分为各种形式：如果用“0”代表不带毛毯的压辊，用“6”代表毛毯向上布置的压辊，用“9”代表毛毯向下方布置的压辊，则此系列中通常有 60、606、69、690、6066 等几种形式（图 5-55）。

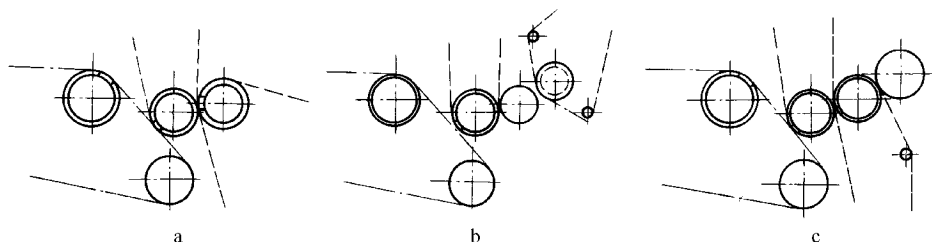


图 5-55 带吸移辊的复式压榨

- a—69 型 b—606 型 c—690 型

60 型复式压榨只有一个压区，适用薄纸和易于剥离的纸张。606 型的中间辊是花岗石辊，第三压辊可以是真空压辊或沟纹压辊，适用于一般文化用纸。69 型只有一个双毛毯压区，690 型是在 69 型的基础上增加一个石辊而成，这两种形式适用于生产纸板和浆板。6066 型是在中间石辊上又增设一个沟纹压辊，用于高速文化纸机等。

带吸移辊的复式压榨系列一般只有 2~4 个压辊（包括真空吸移辊），压区较少。如若再增加辊筒，结构上过于复杂。在真空吸移辊的部位上装置复式压榨时，设备过于集中，传动布置比较困难（要在一个窄小的空间内布置伏辊、驱网辊、真空吸移辊和复式压榨等诸多辊筒的传动装置）。

## 二、复式压榨（多辊压榨类型）

由于夹网成形器是双面脱水成形，并在降低纸张的两面差和改进纸张的印刷性方面，都获得了良好的效果。于是，湿纸幅在压榨也需要进行对称脱水的设想被提了出来。其次，随

着沟纹压榨、网毯压榨等新型压榨的结构不断完善和新型的可控中高辊应用，复式压榨开始取代老式压榨部上正压和反压的交替排列布局，不必要再采用操作困难的反压榨，压榨部的布局变得灵活多样。有可能根据脱水效能进一步降低纸张的两面差，和消除高压脱水带来的印痕等要求来设计或选用复式压榨的型式。最后，压榨部的设计中，越来越多地把湿纸幅的第一次开式引纸尽量地向后推延，减少纸幅断头，使操作更安全方便，甚至可以实现压榨部的全封闭引纸，消除湿纸幅在压榨的无承托的行程，使湿强度很低的纸幅亦能在较高速度下安全地通过压榨部。

根据不同的要求，使用不同的辊数和不同的布置方式，目前国外已有数十种复式压榨的结构型式，现根据辊数的不同分述如下：

（一）三辊式复式压榨

早在 20 世纪 30 年代就曾使用过水平排列的三辊复式压榨。后来，在 50 年代初采用过直立式、三角式和堆垒式等三辊压榨，但这几种复式压榨一般都只是用在旧纸机的改造中，它可以缩短压榨部占地的总长度，从而有可能增设烘缸并提高纸机生产能力。

应用较广的是折角式复式压榨。图 5-56 是这种压榨在一般文化用纸的造纸机上应用的一例。在此例中，复式压榨的第一压区是由真空压辊和沟纹压辊组成的双毛毯压区。如果毛毯质量高并设置有良好的毛毯洗涤装置，它比较单毛毯压榨有更高的脱水效能；同时，双毛毯压榨可以减少纸幅的两面性能差异，避免纸幅的断头。

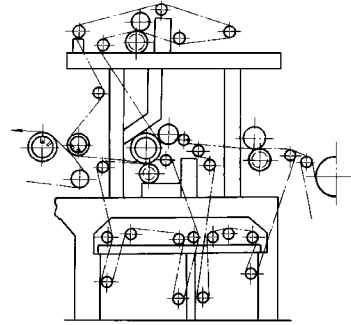


图 5-56 折角式三辊复式压榨的应用一例

三辊式复式压榨尚使用在所谓“对称脱水压榨部”的设计中（参看图 5-3）。三辊式复式压榨的结构较为简单，它可以根据湿纸幅的脱水性能和要求，灵活地选用和布置压榨部。

（二）四辊式复式压榨

某些造纸机的压榨部上，三辊式复式压榨仅有的两个压区常常是不够用的，使用四辊式三压区复式压榨时，有利于操作和管理，并为压榨部的封闭式或半封闭式引纸创造条件。

四辊式复式压榨多为折角式。图 5-57 是一台造纸机压榨部的布置示意图。它是由真空吸移辊、复式压榨和平滑压榨组成。复式压榨的中心辊（即安装在机架上的固定辊）是人造

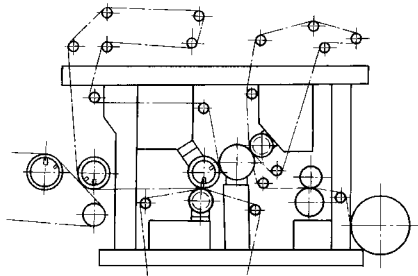


图 5-57 四辊复式压榨的应用举例

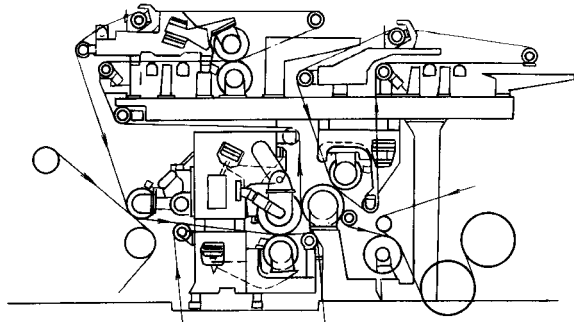


图 5-58 Beloit 三压区复合压榨

石辊，石辊的左方是包胶真空压辊，其余的二辊是可控中高沟纹压辊。在这种复式压榨上，除中心辊外，其余各辊均有同步的独立传动。

在复式压榨上，一般都是纸幅的网面与石辊接触挤压较多，有时会造成网面的平滑度过高。其后设一平滑压榨或普通正压榨可减少纸幅两面平滑度的差别。

随着车速的提高，又研究出了无牵引式压榨，即整个压榨过程中纸页均匀承托，这类装置至少包括一个双毛毯压区，见图 5-58、图 5-59 所示。使用这种压榨生产低定量纸种（如新闻纸），纸机车速可超过 1400m/min。

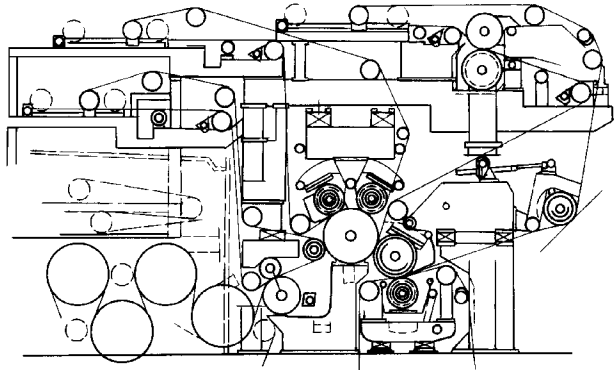


图 5-59 Valmet Sym-Press 压榨利用一个封闭的传送系统，使纸页离开石辊传送到干毯上

由于纸页孔印（真空辊孔眼压出的印痕）问题等，又开发了一种在一压和二压压区使用独立压辊的无牵引结构。在三压区压榨中，真空辊用作一压压区的上压辊，并与中心大压辊组成二压压区，见图 5-60。

在三压区压榨中，大部分的水都是从纸页正面脱去的，这对需要双面印刷的涂布原纸和高级纸可能有很大的影响，可能造成印刷时掉毛掉粉。

因此又开发出在无牵引的三压区压榨后，再加装一个单独的第四压榨，及在二压压区与三压压区之间带一段开放因子的压榨结构，第四压榨增加了去干燥部的纸幅干度，而且减少了纸页两面差，见图 5-61。

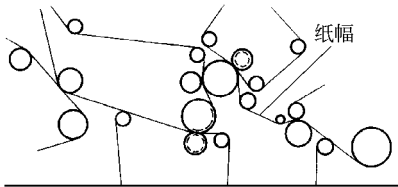


图 5-60 Tri-Vent 压榨（Beloit 公司）

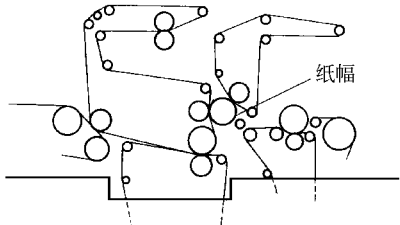


图 5-61 Tri-Vent 压榨加上第四压榨（Beloit 公司）

有些生产挂面纸板和其他高定量纸种的纸机配有双毛毯压榨，以加强脱水。见图 5-62。

（三）环列式复式压榨

四压辊以上的复式压榨，一般采用环形排列的布置方式，即用一个较大直径的中心辊（通常为石辊），围绕它布置多个真空压辊或沟纹压辊。图 5-63 表示应用五辊复式压榨布置压榨部一例。在此压榨部上实现了全封闭式的引纸。

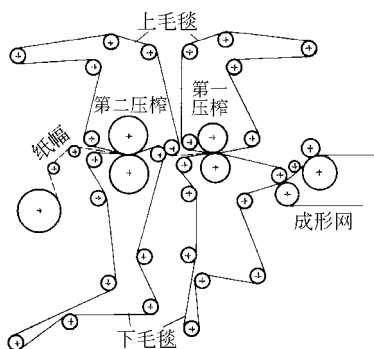


图 5-62 双毛毯挂面板用压榨  
(Tampella 公司)

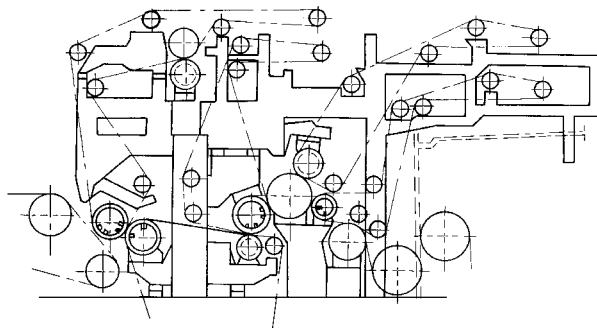


图 5-63 封闭引纸的压榨部示意图

## 第五节 压榨部的其他装置

### 一、压辊的加压和提升装置

在一般情况下，压榨上辊的自重可以产生大约  $100 \sim 150 \text{ N/cm}$  的线压力。为了能够控制和调节压辊之间的压力，并在换毛毯和停机时使压辊相互脱离开  $40 \sim 60 \text{ mm}$ ，在压榨上应设置压辊的加压和提升机构。

对加压机构的要求是压力稳定、高效和具有柔性。

最简单和旧式的加压和提升装置是杠杆重锤机构（图 5-64）。加压是用重锤和一系列杠杆来实现的。压辊提升机构和加压机构是合在一起的，转动提升手轮会首先使重锤及其杠杆下降。当杠杆下降到限位的小凸台后，继续转动手轮时就会将压辊的杠杆压下而将压辊提起。

较完善一些的压辊加压提升机构是气缸活塞式的气动或液动装置。图 5-65 为一种气动式装置示意图。这种装置和重锤杠杆式装置比较，它可以无级的调节线压力并容易保持稳定，杠杆系统简单、机械效率高。

液压式的加压提升装置虽然有较大的刚性，调节控制系统也复杂一些，但结构尺寸较小，有时候被使用在要求结构紧凑的复式压榨上。

造纸机上广泛使用膜式气动加压提升装置（图 5-66）。它具有结构简单，没有滑动密封件，机械效率高，惯性小，柔性好等优点。通常采用的橡胶膜片的工作部分直径为  $300 \sim 600 \text{ mm}$ ，行程  $50 \sim 120 \text{ mm}$ 。

橡胶膜片传递的压力可以用下式计算：

$$F = \pi/12(D^2 + Dd + d^2)p \quad (\text{N}) \quad (5-1)$$

或使用下列近似计算式：

$$F = 0.2(D + d)^2 p \quad (\text{N}) \quad (5-2)$$

上列两式中：

$p$  —— 压缩空气表压，Pa

$d$  —— 顶盘直径，cm

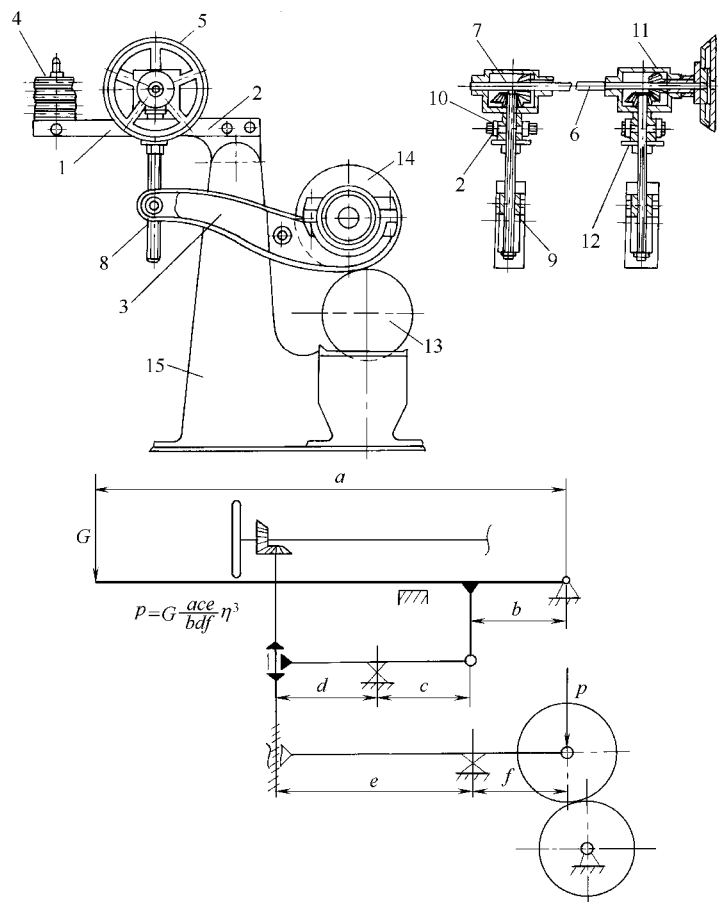


图 5-64 上压辊杠杆加压提升机构

1—加压机构的第一杠杆 2—第二杠杆 3—第三杠杆 4—重锤 5—上辊提升手轮 6—横向连杆 7—圆锥齿轮 8—螺杆  
9—螺母 10—第二杠杆和机架的铰接固定 11—齿轮箱 12—止推轴承 13—压榨下辊 14—压榨上辊 15—压榨机架

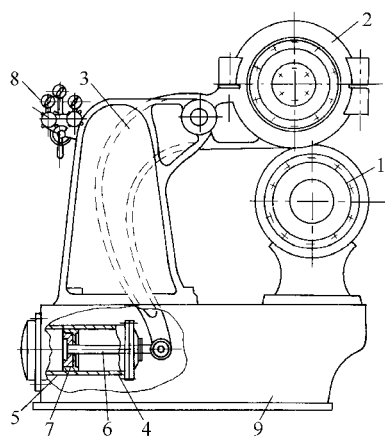


图 5-65 气缸式气动加压机构

1—压榨下辊 2—压榨上辊 3—杠杆 4—气缸 5—活塞  
6—活塞缸 7—密封 8—气动压力调节器 9—机架

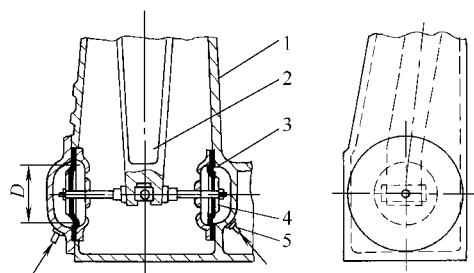


图 5-66 膜片式气动加压提升装置

1—压榨机架 2—杠杆 3—橡胶膜片 4—顶盘  
5—压缩空气进口接管

$D$ ——膜片工作直径, cm

膜式加压装置的缺点是不能传递过大的压力, 使用的压缩空气压力一般不超过 500~600kPa。膜式加压提升机构的调节原理和压缩空气线路如图 5-67 所示。压缩空气经截止阀、过滤器和单向阀后进入一个四位控制阀。控制阀的结构示意地表示在图 5-68 中。当控制阀的手柄位于“加压”位置时, 压缩空气就会通过控制阀进至压力调节器, 然后再通过控制阀进入膜片机构的加压腔。与此同时, 膜片机构提升腔内的空气经过控制阀排入大气。当转动控制阀手柄至“关气”位置时, 膜片机构的加压腔和提升腔均经过控制阀与大气相通, 上辊便自由地靠置在下辊上。“减压”的动作和加压类似。“提升”时, 压缩空气经过控制阀全压进入膜片提升腔, 使压辊快速提升。

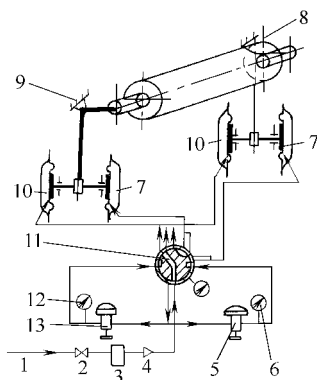


图 5-67 膜片式气动加压提升原理图

- 1—压缩空气源 2—截止阀 3—过滤器 4—单向阀  
5—传动侧的压力调节器 6—压力表  
7—膜片机构的加压腔 8—上压辊的传动侧  
9—操作侧 10—膜片提升腔 11—控制阀  
12—压力表 13—操作侧的压力调节器

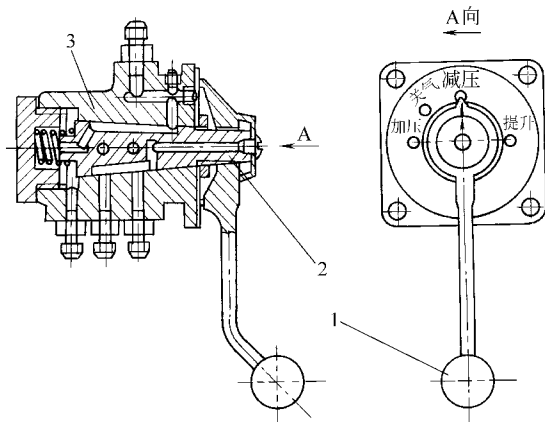


图 5-68 控制阀结构示意图

- 1—手柄 2—阀芯 3—阀体

## 二、毛毯洗涤装置

毛毯在压榨脱水过程中起十分重要的作用。它在压辊间作为一种水的载体和滤水的媒介并减缓纸幅所受压力变化的速度；同时，毛毯对纸幅表面有一定的整理作用。常用的毛毯是纯羊毛织造的，具有良好的弹性、易于脱水、表面纤维柔软平整。羊毛纤维的主要缺点是容易受到化学药剂的损伤、温度的热解，也容易受细菌、酵素的分解作用。经过化学预处理后的羊毛纤维，使用性能有很大提高。随着合成纤维的发展，在造纸机上日益广泛使用各种新型的具有良好性能的合成纤维毛毯。

在毛毯的使用过程中，毛毯逐渐被细小纤维、填料、树脂等堵塞、弄脏；一些化学反应生成的沉淀和细菌活动的结果，也会弄脏毛毯。污脏的毛毯使压榨脱水效率大大降低，造成烘干部蒸汽耗量增加，最后就要更换新的毛毯。压榨毛毯的更换原因，一般都不是机械磨损而是污脏阻塞。在压榨上设置性能良好的毛毯洗涤设备，对于保持压榨的脱水效率，延长毛毯的使用期限是十分重要的。

毛毯洗涤装置的种类很多，其中主要有毯压榨、匣式洗涤器、高压喷水装置和毛毯吸水



箱等。

普通的毯压榨装在毛毯的回程上，其结构和普通压榨相似，只是尺寸略小一些（图 5-69）。毯压榨上的两个压辊一般都包胶，直径 250~600mm，辊间的线压力是 150~200N/cm。

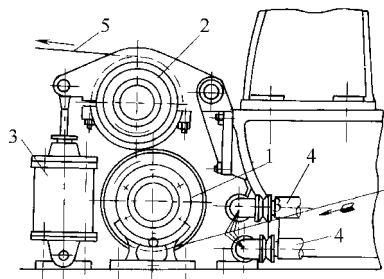


图 5-69 毯压榨

1—下辊 2—上辊 3—上辊的加压提升机构 4—喷水管 5—毛毯

毛毯在进入毯压榨前，被吸水管从两面用大量清水冲洗（有时候也用 40~50℃ 的温水），然后经压榨脱水。造纸机车速低于 200~300m/min 时，毯压榨有良好的洗涤效果。

在高速造纸机的真空吸移装置上，广泛使用真空毯压榨来洗涤易于污脏的吸移毛毯。真空毯压榨是一个简化了的真空压榨，其装设方法和普通毯压榨相似，也装设在毛毯的回程上。真空吸水辊安装在毛毯的正面（即毛毯外），包角为 60°~120°，硬质毯压辊安装在毛毯内。辊间的线压力为 150~200N/cm，真空度 40~50kPa。真空毯压榨有很强的洗涤能力，但结构较为复杂，需要独立的传动。

在某些高速造纸机上，也采用沟纹毯压榨，其结构和沟纹压榨相似，只是沟纹略宽一些，沟纹毯压榨的作用和效果与真空毯压榨没有大的区别。

匣式洗毯器的组成如图 5-70 所示。它的洗涤装置通常是 1~4 个真空洗毯匣。匣面贴在湿毛毯回程的正面上，匣宽 100mm 左右。匣缓慢地沿毛毯的横向作往复运动，使匣面能接触并洗涤到全条毛毯。洗涤温水通过软管进入匣内腔体，并由匣盖上的长形小孔中喷出。在匣盖上，紧接着喷水孔便是真空抽吸孔。抽吸孔常常有不同的倾角，使毛毯交替受到不同方向的拉伸作用，促使毛毯中的杂物随水抽出。这样的冲洗和抽吸的作用，在一个匣盖上可按匣盖的设计重复多次。每个洗涤匣的耗水量为 10~20L/min，排气量为 2500~5000L/min。纸机幅宽小于 3m 时，使用两个洗涤匣；大于 3m 时用 3~4 个。匣式洗毯器有良好的洗涤效果，对毛毯的磨损也轻，得到比较广泛的应用。

高压喷水洗涤装置如图 5-71 所示。做往复运动的高压喷嘴的孔径约 1mm 或更小一些，

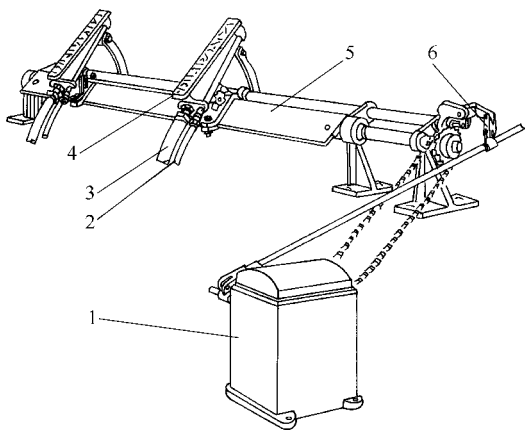


图 5-70 匣式洗毯器

1—洗涤匣的传动机构 2—洗涤温水管  
3—真空管道 4—移动的洗涤匣 5—导轨  
6—洗涤匣的移动限位和换向杠杆

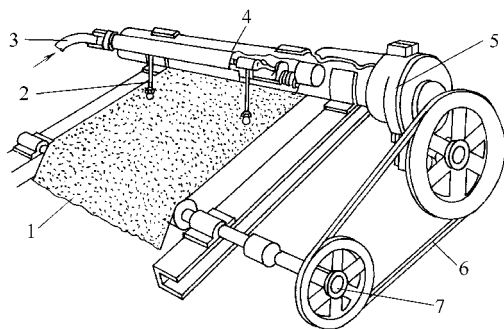


图 5-71 高压喷水洗涤装置

1—毛毯 2—高压水喷嘴 3—高压水管  
4—喷嘴移动导轨 5—齿轮箱 6—三角皮带传动  
7—导毯辊延伸出来的抽头

往复的行程约 300mm。所使用高压水的压力应根据毛毯的种类，污垢的程度选用，可有较大的变动范围（1000~4000kPa）。这种洗涤装置是间歇使用的，通常每班（8h）开动 1 小时。毛毯较新时使用较低水压，污垢后可以升高水的压力。这种洗涤装置的优点是耗水量低，可以延长毛毯使用时间。如果水压选用恰当，不会影响到毛毯的强度。

在一些造纸机上，可以使用结构简单的毛毯吸水箱或吸水管来洗涤毛毯。毛毯吸水箱的结构和普通吸水箱相似，只是面板上只有一条或两条 10~12mm 宽的吸水缝隙。管体是一条直径为 100~150mm 的铜管，上端有 15~20mm 宽的吸水缝隙，真空度为 250~350kPa。这种毛毯吸水管有时是成对使用的，即毛毯两面各一条，并在其前方设置喷水管。在车速高于 300~400m/min 的造纸机上，有时在一条毛毯上使用两对或更多的毛毯吸水管。

### 三、毛毯的张紧、校正和舒展装置

每条毛毯大约有 6~8 个导毯辊。使用过多数量的导毯辊会增加毛毯的磨损和污垢。与毛毯正面接触的导毯辊尤其容易污垢毛毯。导毯辊是一般结构的管辊，其上有铜的或包胶的防腐覆盖层。毛毯在运转过程中，有 8%~12% 的纵向伸长，需要设置移动距离较大的毛毯张紧装置（图 5-72）。大型造纸机上的毛毯张紧器均有独立的电动或气动的传动，可以远距离调节毛毯的张力。通常，毛毯张紧辊的两端可以同步移动，也可以单独地张紧毛毯的一边。

毛毯校正装置的工作原理和结构，基本上与铜网校正器相同。只因毛毯的刚性小且张力亦较小，在校正装置的布置上，毛毯对校正辊要有较大的包角，通常是采用  $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，在个别情况下可用到  $50^{\circ}$ 。在压榨部采用自动校正器时，应考虑到毛毯在运转过程中有达 14% 的横向收缩，其传感器的设置应考虑足以补偿这一变化。

为了防止毛毯起皱打褶，在导毯辊中使用一条或两条毛毯舒展辊（图 5-73a、b、c）。舒展辊辊体的结构和导毯辊没有什么区别，其辊面以铜条和沉头螺钉铆成或以胶条粘成一些螺线。铜螺线也可以用直径 20~30mm 的半圆形截面的铜条或用厚 10~20mm 铜条焊接后再加工制成。螺线一半是左旋，一半是右旋，螺距由中央向两端逐渐变大（例如，从 200mm 变至 350mm）。当使用两个舒展辊时，其中一条通常只在两端 600~1000mm 的长度上才有螺线。毛毯在舒展辊上的包角，通常取  $90^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。

为了减少舒展辊对毛毯的磨损，生产中曾经使用过由两个短导辊相互倾斜安装的导辊组作为毛毯舒展装置（图 5-73d）。但这种装置的中部的轴承安装不便。现代化的造纸机上，

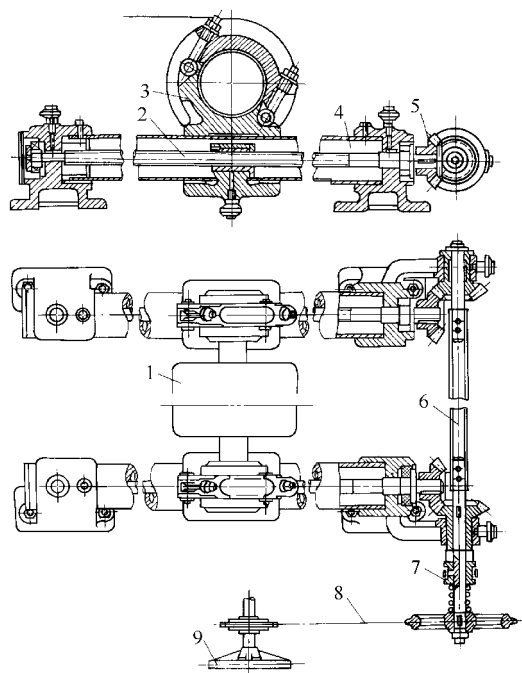


图 5-72 手动毛毯张紧器

- 1—张紧辊 2—张紧螺杆 3—带螺母的轴承壳 4—导向管
- 5—圆锥齿轮 6—横杆 7—用来脱开操作侧圆锥齿轮的爪型离合器 8—链传动 9—张紧手轮

越来越广泛地采用弧形辊（图 5-73e）用来作为毛毯的舒展辊。

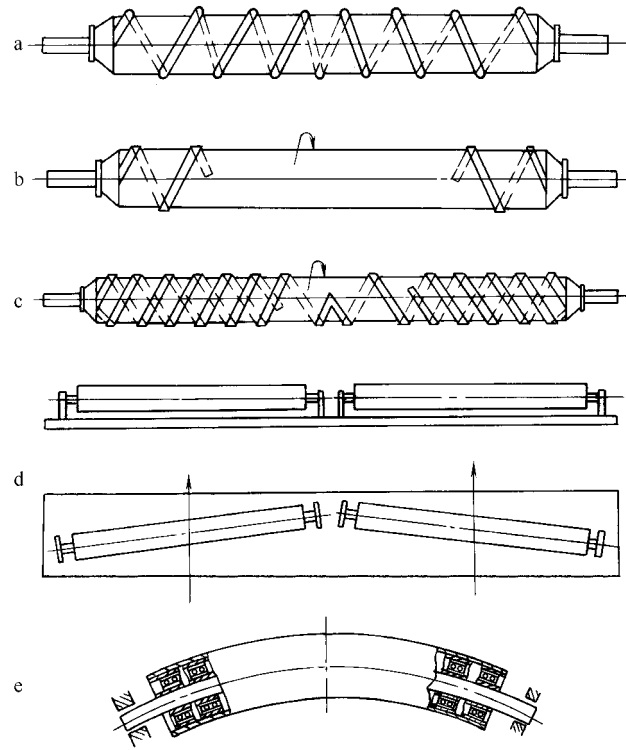


图 5-73 毛毯舒展装置

a、b、c—毛毯舒展辊 d—毛毯倾斜辊舒展装置 e—弧形辊

## 四、导 纸 辊

导纸辊是用来稳定纸幅的运行，减少引纸困难。它通常设置在伏辊和第一压榨之间，各道压榨之间、烘干部之前和反正压榨上。

导纸辊亦属普通结构的管辊。通常用铜管或铝合金管来制造，质量轻，转动灵活。低速造纸机上的导纸辊是没有传动的。高速造纸机的导纸辊通常有相邻的导纸辊通过小平皮带来带动。为了避免湿纸幅粘辊和减少纸幅的颤动，导纸辊的转速略低于纸幅的运行速度。

在伏辊和压榨之间的导纸辊通常可借气动机构做垂直升降，以便于引纸操作。

## 参 考 文 献

1. 华南工学院. 天津轻工业学院合编. 制浆造纸机械与设备（下册）. 北京：中国轻工业出版社，1981
2. (美) B·A·绍帕编. 最新纸机抄造工艺. 曹邦威译：北京：中国轻工业出版社，1999
3. Smook, G. A., Handbook for Pulp & Paper Technologists, Joint Textbook Committee of the Paper Industry, 1982
4. Wahlstrom, P. B., Our Present Understanding of the Fundamentals of Pressing, Pulp Paper Mag. Can, 70 (10): T349, 1969
5. Beck, D. A., Reexaminin Wet Pressing Fundamentals: A Look Inside the Nip Using Dynamic Measurement, Tappi J. (Apr. 1987)

6. Wahlstrom, P. B. , Opportunities in Pressing, TAPPI Annual Meeting, Atlanta, GA (1989)
7. Bliesner, W. C. , Sheet Water Removal in a Press: Time to Review the Fundamentals, Pulp & Paper (Sept. 1978)
8. Nilsson, P. and Larsson, K. O. , Paper Web Performance in a press Nip Pulp Paper, Mag. Can. 70 (12): T438 (1969)
9. Caulfield, ect. , How Web & Press Parameters Interact to Control Water Removal in the Wet Press, Tappi J. (June. 1986)
10. Wicks L. D. , Press Section Water Removal Principle & Their Application, Southern Pulp & Paper Manufacturer (Jan. 1978)
11. G. A. 斯穆克著. 制浆造纸工程大全 (第二版) 曹邦威译. 倪永浩, 胡琦寅审校. 北京: 中国轻工业出版社, 2001
12. Busker L. H. and Cronin, D. C. , Relative Importance of Wet Press variable in Water Removal, Water Removal Symp. , Vancouver, B. C, 1986
13. Johan Gullichsen, Papermaking Science and Technology(Book 8), Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI, 2000
14. Reese, R. A. , Why Put a Steam Shower in the Press Section. Tappi J. (June 1986)
15. 福伊特苏尔寿产品介绍. 福伊特苏尔寿靴式压榨的目标, 2001
16. St. Polten-Austria. Board and Packaging Training Days. 福伊特苏尔寿造纸技术, 1999
17. Wahlstrom, P. B. , New Felt & Press Section Designs Yield Even Drier, Stronger Sheets, Pulp & Paper (Jan. 1985)
18. Royo, M. A. and Berggren, C. O. , Double-felting of Second & Third Presses. Tappi 62: 3(Mar. 1979)

## 第六章 造纸机干燥装置

### 第一节 概 述

#### 一、干燥装置的主要作用

造纸机干燥装置的主要作用是脱去纸页中多余的水分。由于湿纸页经压榨部压榨后一般仍然含有 60%~70% 的水分，即使是用最新式的复合压榨，湿纸页也仍含有 50%~60% 的水分，而这些水分用机械压榨的办法已不易脱除，必须用加热干燥的办法进一步脱水，使成纸水分含量降到 5%~8%。干燥同时还有一个辅助作用：提高成纸质量。在干燥过程中，湿纸页中水分蒸发的同时，在表面张力作用下，使纤维逐渐靠拢，纸页收缩，纤维之间形成更多的氢键结合，从而提高了成纸的物理强度，并通过干燥使纸页具有一定的平滑度和完成施胶过程。若干燥工艺条件控制不当也会降低纸页质量，如干燥温度过高或升温过急，会因纸页内水分急剧蒸发，妨碍纸页表面胶膜的形成和破坏纤维间氢键结合，从而降低施胶效果和纸页物理强度、纸页产生发毛、龟裂、发脆等纸病。另外，在纸页的生产过程中，纸机干燥部仍然是整个纸厂能耗最大的部位，其蒸汽消耗占纸的生产成本 5%~15%。因此干燥装置在造纸机中仍居重要位置。

#### 二、干燥装置的基本组成

在科学技术高度发展的今天，对于生产一般的纸和纸板的最终干燥仍然以用烘缸加热干燥的办法来完成的。尽管近些年来发展了热空气冲击干燥、穿透干燥、带筋烘缸、沟纹烘缸、扰流棒、红外线调节横幅水分、真空接触干燥、压榨干燥、过热蒸汽干燥等新技术，但这些新技术都是作为烘缸干燥的强化或改善干燥效率的辅助措施。

烘缸干燥部主要由烘缸、烘毯缸、冷缸、导毯辊、刮刀、引纸绳、帆毯校正器和张紧器、汽罩或热风罩，以及机架和传动装置等组成的。对于生产一般纸和纸板的纸机都采用多烘缸干燥部，烘缸的排列传统上均采用双列排列形式，如图 6-1 所示。上下两层烘缸均配置有帆毯（或干网），帆毯领引着纸幅绕烘缸运行，并将纸幅压紧烘缸表面。

根据不同纸种在干燥过程中的收缩，烘缸部的烘缸对一般的纸种可分 2~4 组，并据此配用帆毯的数量。每组烘缸有上下帆毯各一张。每张帆毯设置有相应的导毯辊，校正辊和张紧辊。为降低帆毯中的水分含量，设有烘毯缸。中、低速造纸机上，通常是每张帆毯配置一个烘毯缸；高速造纸机上则每张帆毯配置两个烘毯缸。

在近十多年来，在生产新闻纸、胶印书刊纸、纸袋纸和纸板等的造纸机干燥装置中，多采用透气性良好的干网代替帆毯。用干网不仅可提高干燥效率，且可节省蒸汽用量。

在干燥装置的末端通常设置 1~2 个冷缸。冷缸内通入流动的冷却水，用来冷却进入压光机之前的纸幅，使水蒸气在纸幅表面冷凝，提高含水量和塑性，以提高压光的效果。在干燥部的最后一个烘缸和压光机之间，一般装置一弹簧辊（轴承壳四周是用弹簧支承的辊）。它能适应纸幅张力的变化而产生相应的位移以降低纸幅的张力波动，减少纸幅

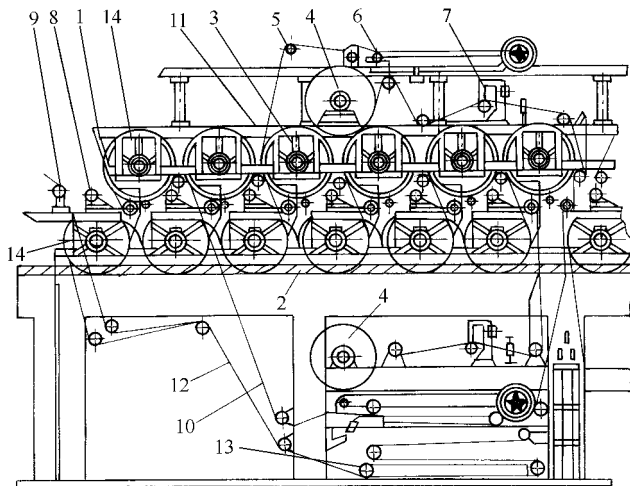


图 6-1 传统多缸纸机双排烘缸的干燥装置

- 1—机架 2—下排烘缸 3—上排烘缸 4—烘毯缸 5—导毯辊  
6—自动张紧器 7—自动校正器 8—刮刀 9—引纸辊  
10—下帆毯 11—上帆毯 12—引纸绳  
13—引纸绳自动张紧器 14—裸露（不包毯）烘缸

的断头。

这些年来，造纸机的抄速已高达 1800m/min，对于这样一些高速纸机，若采用传统的双层烘缸排列、上下帆毯配置时，纸页在干燥部会发生颤动和由此发生断纸，影响纸机正常抄造，为解决这个问题，发展了单层烘缸带真空辊排列、单干毯配置的干燥装置组成形式，如图 6-3 所示。

### 三、干燥装置的新进展

#### （一）单干毯干燥装置

传统的多缸纸机的干燥部都是上下两层烘缸，双干毯配置。为了有效的排出干燥部内的湿空气，获得良好的通风效果，要使用高透气度的干毯。但这种高透气度的干毯在有效排出湿空气的同时也把强气流带入袋区，从而在生产低定量高速纸机上产生了纸页抖动问题，即在上下缸无支撑段的纸页产生波动和拍打，在纸页边缘产生起皱和断纸，且车速越高抖动越严重。解决这个问题比较有效的办法是采用单干毯配置。如图 6-2 所示，取消了下干毯，上干毯带着纸页包绕上下烘缸。因此在上下烘缸之间的牵引部分，干毯也托着纸页，纸页不受牵引力作用，从而减轻纸页抖动、起皱和断头。

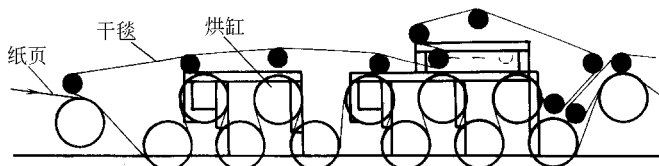


图 6-2 双排烘缸单干毯配置干燥装置

#### （二）单排烘缸干燥装置 (SymRun 干燥)

上述的单干毯干燥装置对于车速在 500m/min 以下的中低速纸机，能够有效的控制纸页

抖动，减少断头。但当车速进一步提高时其作用就大大减弱，而且下排烘缸对干燥作用不大，从而就产生了单排烘缸、单干毯配置的 SymRun 干燥装置，如图 6-3 所示。

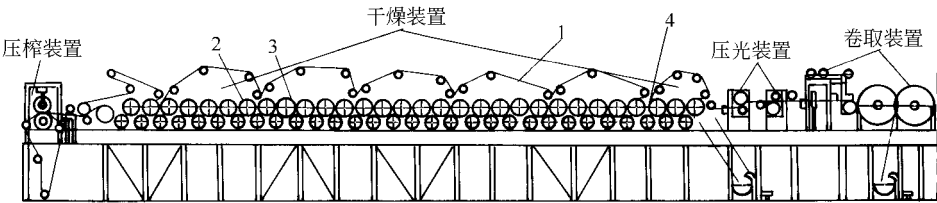


图 6-3 新式单排烘缸的干燥装置

1—上干毯 2—烘缸 3—真空辊 4—SymRun HS 型吹风管

在 SymRun 干燥装置中所有通蒸汽加热的烘缸均在上部，而下部所有的辊子均为真空辊，真空辊的结构如图 6-4a、b 所示。图 a 为带沟纹而无内部真空箱的真空辊，其与吹风箱配合使用，可以使沟纹中保持一定的负压，使纸页紧贴在干网上包覆辊筒而不受离心力及气流影响，从而进一步提高操作的适应性。真空辊表面加工有深 4mm，宽 5mm 的沟槽，每隔一条沟槽在沟底钻出小孔同辊内真空相通，而在两端部位处则每个沟槽均钻孔，且孔数较多，使纸页部位更为密贴且便于引纸。通孔开孔率约 0.1%~0.4%，表面沟槽有效开孔率 20%~25%。真空辊的真空度为 2kPa。

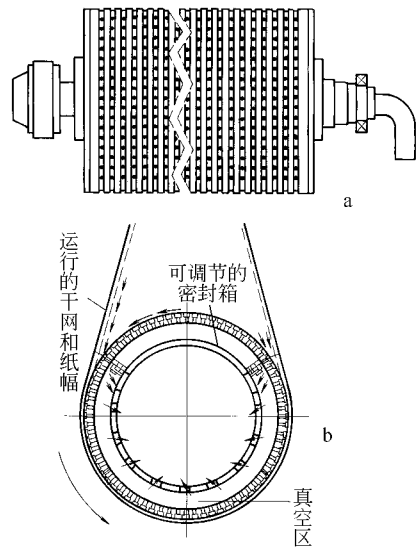


图 6-4 真空辊的结构

a—沟纹真空辊 b—内置真空箱的真空辊

图 6-4b 为表面钻有阶梯通孔和内置真空箱的真空辊。内置真空箱形成的真空区超过被纸幅包围的区域，被纸幅包围的区域支撑纸幅，而未被包围的区域吸入被真空辊和纸幅泵入到纸幅与真空辊接触点的空气。

这种全封闭式和纸页被支撑通过整个干燥部，纸页的运行性能更稳定，干燥效率更高。也有全单排烘缸干燥装置采用上下交错单排烘缸的布置方式，其作用是使纸页两面都得到干燥，因为有些纸种对单面干燥较为敏感，容易产生皱纹和卷曲等现象，而采用烘缸和真空辊上下交错布置可以克服这些现象。

### （三）Opti 干燥装置

单排烘缸干燥装置的主要缺点是干燥装置较长，为了克服这一缺点，多年前就开始重点开发一种新型的、运行可靠的干燥方法，其主要总旨是提高干燥部单位长度的干燥效率、运行的稳定性以及获得优异的纸质。Opti 干燥装置正是集极佳的运行稳定性、最大的干燥能力以及最佳的纸页质量于一体的新型干燥装置，同时干燥部的长度也比单排烘缸干燥装置缩短 25% 左右，如图 6-5 所示。

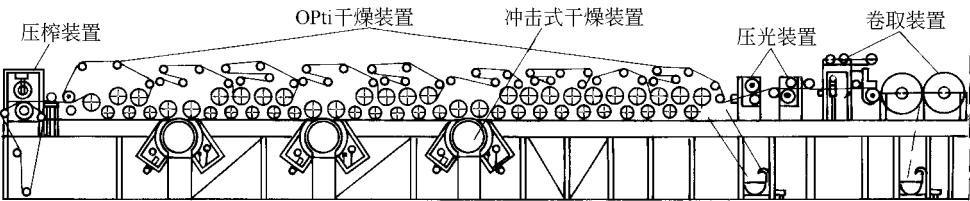


图 6-5 Opti 干燥装置

在 Opti 干燥装置中纸幅是通过封闭传递的方式从压榨毛毯上传递到第一个烘缸的干毯上，这种传递是靠真空传递辊来完成的，纸幅可以在高速、稳定的状态下封闭的通过整个干燥部。

最新的研究认为只有保证纸幅处于无扰动状态的操作，才能提高纸幅在高速纸机上的稳定性及可运行性。而要做到这一点就必须使湿纸幅在生产过程中处于支撑状态，以减小其张力从而减少断头。空气的黏度对高速纸机则影响很大，即在高速纸机上的干燥部，快速运行着的纸幅拖曳着其表面的空气一同运行，其中距离纸幅表面最近的空气分子的运动速度几乎与纸幅本身的运动速度一样快。这些处于边界层的空气因其具有足够的黏度而吸附到纸幅或干毯的表面上，从而导致袋区内湿热空气的大量充塞现象。充塞现象使得袋区内压力升高以致发生过压，这种过压力以及伴随而来的空气扰动可能会将纸幅吸离干毯，如图 6-6 a 所示。湿纸幅一旦离开干毯的支撑作用必然容易发生抖动，伸长乃至断头，从而影响正常操作。为了解决这个问题，在 Opti 干燥装置中使用 SymRun HS 风箱，风箱位于真空辊之上，两个烘缸之间的干毯袋区之内。Sym-

Run HS 风箱的工作原理如图 6-6b 所示。风箱的作用是由喷嘴和袋区两侧同时通风而除去湿热空气来实现的。通风箱边缘的固定喷嘴位于干毯与烘缸切线的上方，送风的方向与干毯和烘缸运行方向相反，从而可以有效地防止干毯将其表面的湿热空气拖曳到袋区里。与此同时，由于喷嘴喷出热空气的流动，产生足够的负压将纸幅牢牢地吸附在干毯表面上，使干毯能有效的支撑纸幅，防止抖动等现象产生。

在干毯与烘缸的下行方向一侧，可通过喷嘴来调节最高负压值所出现的准确位置；在干毯与烘缸的上行方向一侧，除了送风以外，随干毯表面一起运动的空气边界层也能起到“通风”作用，即干毯本身也能将部分空气带出袋区。

通风箱的通风系统对高低速纸机都适宜，当纸机车速提高时，干毯的运行速度也随之加快，而干毯将湿热空气移出袋区的速度也加快，这样即使是在车速提高的情况下，负压值也能容易保持在一定的水平上。而且，根据风箱的适度调整，负压值还可以随车速的提高而增大。Sym Run HS 型通风箱外形结构如图 6-7 所示。

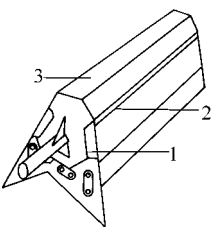


图 6-7 Sym Run HS 型通风箱外形结构

- 1—箱边喷嘴
- 2—活动式喷射嘴
- 3—纸横向无机密封

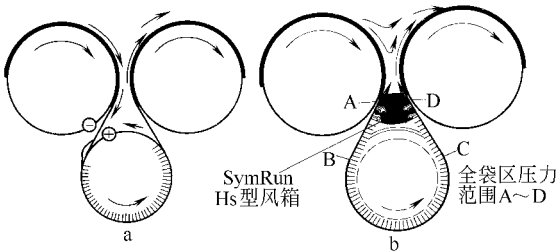


图 6-6 SymRun HS 型风箱的工作原理  
a—空气扰动对纸幅运行的影响  
b—SymRun HS 型风箱的工作原理

这种风箱的特点是，能够在整个袋区实现负压化，在纸机的横向无机密封，从而可大大减少设备的维护工作量，减少磨损。

在 Opti 干燥装置中，是单排烘缸干燥与热风冲击式干燥交接结合而成的。纸机是在干毯的支撑下运行的，断纸的可能性很小，即便出现断纸现象，也很容易排除。

#### （四）带预干燥装置的 Opti 干燥装置

在 Opticoncept 整个技术中，带预干燥装置的 Opti 干燥装置是一种比较理想的干燥形式，其结构形式如图 6-8 所示。带预干燥的 Opti 干燥的目标就是在纸页的控制和运行性能等方面有重大提高，尤其是在干燥部的开始部位。带预干燥的 Opti 干燥装置是紧随 OptiPress 的后面的高效干燥方式，纸幅从压榨部传递到预干燥部是通过干毯全封闭式传递，因此，当纸页进入干燥部第一个烘缸前，就已经获得了较高的温度和干度，这样就大大提高



了纸幅在干燥部第一个烘缸这一关键部位的运行性能，同时也获得较高的干燥能力。在预干燥之后就是单排烘缸干燥和冲击干燥交替排列。在带预干燥的 Opti 干燥装置中，有效地利用三个干燥阶段对纸幅进行干燥。在预干燥阶段，纸幅被有效的加热和干燥，使得纸幅进入干燥部前就获得了较高的温度和干度，从而为纸幅提供极好的运行性能；在热风冲击干燥阶段，纸幅获得极高的蒸发效率，最大化的蒸发水分，从而缩短了干燥部长度；在单排烘缸干燥阶段，虽然干燥效率降低了，但可以通过不同的方法对纸页质量进行控制。

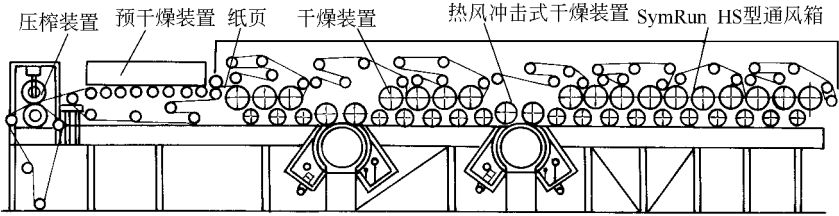


图 6-8 带预干燥的 OptiDry 干燥装置

## 第二节 烘缸、烘毯缸和冷缸

### 一、烘缸和烘毯缸的基本结构

现今纸幅的最终干燥仍然是以采用烘缸干燥的方法为主。烘缸的基本结构无大的变化，烘缸和烘毯缸的结构基本上是相同，只是烘毯缸通常无传动，而是由干毯拖动。

烘缸结构如图 6-9 所示，它由烘缸体、缸盖、蒸汽接头、凝结水排除装置、轴承等零部件组成。烘缸内一般通入  $0.3 \sim 0.5 \text{ MPa}$  的蒸汽，属于压力容器。烘缸一般都是用 HT250 号铸铁浇铸制成，并经一定的处理后加工，使其变形极微，具有良好的使用性能。烘缸的铸铁件不能有穿透的砂眼。在缸壁上有直径小于  $8 \text{ mm}$ ，深度小于  $10 \text{ mm}$  的砂眼时，可用与烘缸相同材质的销子填补。烘缸的缸体内、外圆均要加工，烘缸缸面外径公差是  $\pm 0.5 \text{ mm}$ ，粗糙度在  $Ra0.4 \mu\text{m}$  以下。烘缸的筒体也可使用含铬和镍的变性铸铁来制造，使烘缸表面具有较高硬度，加工后得到较低粗糙度，以利于提高纸幅的干燥效率。烘缸装配后要求形位公差精度等级如下：缸面圆度 8~9 级，缸面对两端轴承档的径向跳动 8 级。

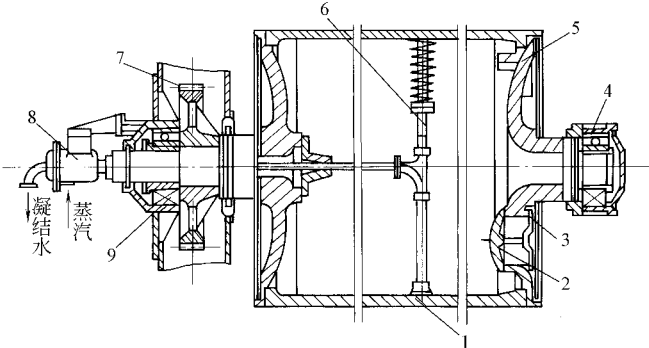


图 6-9 普通烘缸的结构

- 1—缸壳 2—入孔盖 3—入孔盖压条 4—操作侧轴承
- 5—操作侧缸盖 6—凝结水排出装置（旋转虹吸管）
- 7—传动齿轮 8—蒸汽接头 9—传动侧轴承

烘缸两侧缸盖有铸成一体的轴头，装在烘缸轴承及轴承座上，操作侧轴承留有轴向游动的间隙。蒸汽接头有一蒸汽入口管和凝结水排出管。我国烘缸直径系列标准有 0.8m、1.0m、1.25m、1.5m 四种，国外尚有 1.8m 等规格。单面光纸机和自揭纸纸机的烘缸直径较大，通常为 2~6m。目前全世界最大的烘缸直径达 6.15m。

使用大直径烘缸的纸机多数只用一、两个烘缸，为了提高干燥能力，一般要通入 0.5~1.2MPa 的高压蒸汽，配用高效的高速热风罩。大烘缸的结构如图 6-10 所示。为了满足使用的强度、刚度和良好蒸汽循环，其结构与一般烘缸不同点如下：

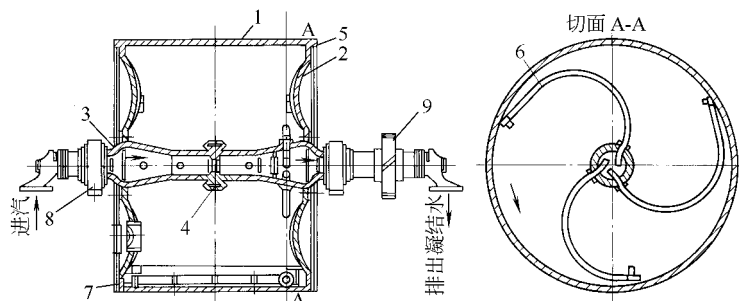


图 6-10 大直径烘缸的结构

1—缸体 2—缸盖 3—缸内的拉管 4—补偿件 5—缸盖固定螺栓  
6—旋转缸吸管 7—凝结水槽 8—轴承 9—传动齿轮

(1) 为满足强度和刚度上的要求。大烘缸的壁厚达 50~70mm，比一般烘缸厚一倍左右，质量达 50~70t。

(2) 为了改善缸盖和缸体受力情况，在缸内两端盖中心处配置一内拉管，内拉管的中部有补偿环。它可以根据装配时中心内拉管长度的实际尺寸来确定补偿环的厚薄尺寸。适当控制补偿环处的预拉力，可以降低缸盖固定螺栓的拉应力。

(3) 送入大烘缸的蒸汽量比一般的直径 1.5m 烘缸多 14~19 倍。为改善大烘缸内蒸汽循环，并减少轴头内径，蒸汽管和凝结水管分别在两端引出。一般从操作侧通入蒸汽，从传动侧排出凝结水，凝结水温度较低，传热少，使传动机构和减速器受热较少。

## 二、烘缸的强度计算

烘缸是一个受压容器。因其壁厚远小于直径，缸体中的应力可按内压薄壁容器进行核算。其强度条件为：

$$\delta_1 = \frac{pD}{2d} \leq [\delta] \quad (6-1)$$

式中  $\delta_1$  ——烘缸轴向应力，MPa

$p$  ——烘缸的工作压力，MPa

$D$  ——缸体内径，cm

$d$  ——缸壁厚度，cm

$[\delta]$  ——缸体材料许用应力，MPa

由此得到烘缸的壁厚应为：

$$d \geq pD/2 [\delta] \quad (6-2)$$

选用铸铁的许用应力  $[\delta]$  时，应考虑到铸铁的抗拉和抗压强度不同，浇铸的质量很难控制，铸件中微小的砂眼、夹灰和气孔等缺陷难于检查，所以取用较低的数值，对于采用材

料为 HT250 的铸铁烘缸，用  $[\delta] = 15 \sim 20 \text{ MPa}$ 。而在水压试验时产生的应力，可允许在  $30 \sim 40 \text{ MPa}$  范围内。

烘缸的弯曲应力、扭转应力和离心力产生的应力均不超过  $1.5 \sim 2.0 \text{ MPa}$  可以忽略不计。根据烘缸的应力实际测定表明，烘缸强度的薄弱点常常是缸体两端法兰的转角处，如图 6-11 所示。由于断面 AC 和 BC 受到一些法兰连接引起的弯曲负荷，较容易在这些端面上发生破坏。此外，在转角处有应力集中现象。为此，在烘缸的这个地方需要适当加强。通常是取  $ac : ab = 1 : 3$ 。对于直径为  $1.5 \text{ m}$  的烘缸，一般取  $ab = 60 \sim 80 \text{ mm}$ 。ab 的长度过大时，可能影响到烘缸端部的传热效率和烘缸浇铸的工艺性。

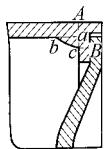


图 6-11 烘缸端部法兰转角处的加强方法

烘缸盖的结构形状复杂，在不同截面上有不同的厚度，并有加强肋。用现有的计算方法，即把缸盖视作边缘有支撑的薄板来计算，误差太大。所以缸盖的设计中主要是依靠已有的制造经验来避免容易出现裂纹的现象。通常缸盖的厚度比缸体的壁厚大  $0.5 \sim 1$  倍。

烘缸轴头的内径取决于烘缸的用汽量。蒸汽进入烘缸的轴头内的流速不应超过  $20 \text{ m/s}$ 。轴头的外径可以由强度条件来设计。对于铸铁轴头，许用应力  $[\delta] = 20 \text{ MPa}$ ；对于压配入缸盖内的钢质轴头  $[\delta] = 60 \text{ MPa}$ 。计算各危险界面上的弯矩时，除了考虑烘缸的自重及干毯的张力外，还应计算充满半缸的凝结水后的质量。因为在凝结水排出装置发生故障时可能出现这种情况。如果在机架支承上作烘缸的水压试验时，烘缸被水完全充满，轴头的负载增加很多，轴头的尺寸不大时，产生的弯曲应力可能超过许用应力。在这种情况下应该使用临时性的木垫作为烘缸的附加支撑，以减小轴头上的负荷。

### 三、烘缸的凝结水排出装置及其进展

#### (一) 凝结水在烘缸内的运动状态

凝结水在烘缸内的运动状态如图 6-12 所示。对于烘缸直径为  $1.5 \text{ m}$  的纸机，当车速在  $200 \text{ m/min}$  以下时，凝结水受重力作用而集聚于缸的底部，略偏向于旋转一侧，如图中 (1) 所示；当车速在  $200 \sim 300 \text{ m/min}$  时，随着车速的提高，由于凝结水和缸壁之间的摩擦力增大，使集聚于下方的凝结水被带起，呈图中 (2) 所示的月牙状翻动；当车速接近于  $300 \text{ m/min}$  时，摩擦力进一步增大，使凝结水被扬起，但这时还不能形成足够的离心力，所以其被提升到  $45^\circ \sim 90^\circ$  时又降落下来，如图 (3) 所示；当车速达到  $300 \text{ m/min}$  以上时，凝结水会受到足够大的离心力作用，而在缸内壁形成一个完整的水环，并随烘缸一起旋转，但转速略低于缸速，如图 (4) 所示。

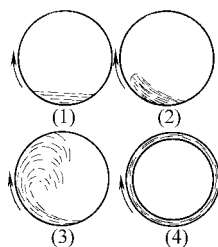


图 6-12 凝结水的运动状态

#### (二) 烘缸内凝结水的危害

(1) 凝结水的导热系数是  $2.6 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ ，只有铸铁的导热系数的  $1/88$ ，如果烘缸内有凝结水积累，则会大大增加烘缸的热阻，极大的降低干燥效率。

(2) 凝结水在烘缸内因随烘缸旋转而呈游动状态，车速高时会形成瀑布状态，这就极大增加纸机的功率消耗。如果达到形成水环的车速时，烘缸内凝结水环的形成和破坏，不仅导致纸机功率消耗大大增加，而且使传动功率剧烈波动，极大影响纸机的正常运行。

(3) 烘缸内凝结水的存在会出现不规则的温差，这种温差可达几度甚至几十度，从而使产品造成干燥不匀，纸层卷面等纸病。这类干燥不匀等问题最常见于干燥部湿端。如果湿纸

在这里发生了干燥不匀, 则就很难在后工序予以校正。烘缸表面温差应控制在  $3^{\circ}\text{C}$  以内为佳。

### (三) 烘缸凝结水的排除装置

烘缸内凝结水的有效排除是提高纸机的干燥能力和降低蒸汽消耗的重要因素之一。凝结水排除装置是利用蒸汽和排水管端的压差排走凝结水的机械装置。目前凝结水的排除装置有三种形式。

#### 1. 庖斗式排水装置

庖斗式排水装置如图 6-13 所示。庖斗是固定在烘缸内传动侧缸盖上, 烘缸转动时, 庖斗便在烘缸底部庖进凝结水, 然后流入轴头内壁与供汽管之间的环形空间排出。庖斗是用钢板焊接的, 整体类似阿基米德螺线型, 截面为方形。为了提高排水能力和排水的均匀性, 一般多采用两个庖斗。在同一传动组的烘缸内, 各缸内的庖斗在一瞬间所在位置应相互错开, 使他们不同时庖水, 以减少传动功率的波动。

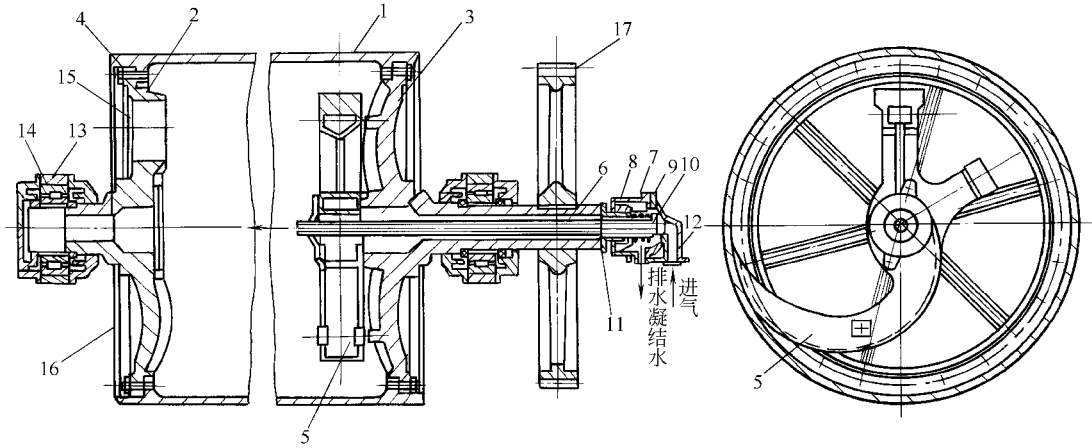


图 6-13 庖斗式排水装置

- 1—缸体 2—工作侧缸盖 3—传动侧缸盖 4—紧固螺栓 5—庖斗 6—进汽管 7—进汽头外壳  
8—大石墨密封环 9—弹簧 10—小石墨密封环 11—汽头接头 12—进汽头盖 13—轴承壳  
14—轴承 15—人孔 16—罩板 17—齿轮

庖斗式排水装置只能用于车速在  $300\text{m}/\text{min}$  以下的低速纸机上。当车速超过  $300\text{m}/\text{min}$  后, 由于离心力作用, 使凝结水抛离蜗形管, 从而起不到排水作用。

#### 2. 固定虹吸管式排水装置

固定虹吸管式排水装置如图 6-14 所示。虹吸管的一端固定在蒸汽接头的壳体上, 吸管的吸入端伸入到烘缸内, 管口装有平头管帽, 管帽与缸壁距离为  $2\sim 3\text{mm}$ 。虹吸管位置偏向烘缸转动方向一边约  $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$  角, 偏角大小决定于缸内凝结水的数量。虹吸管直径为  $35\sim 60\text{mm}$ 。要得到排放凝结水的最好效能, 必须把虹吸管的汲

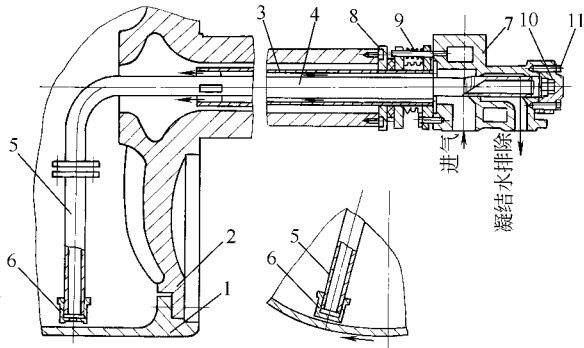


图 6-14 固定虹吸管式凝结水排出装置

- 1—烘缸 2—传动侧缸盖 3—进汽管 4—虹吸管弯曲部  
5—虹吸管垂直部 6—管帽 7—填料函 8—石墨圈 9—弹簧  
10—固定虹吸管的螺帽 11—调节虹吸管位置的方头

入端放置在凝结水最深部位，并尽可能接近烘缸的中心。

由于固定虹吸管的悬臂较长，容易挠曲变形，或是由于缸内凝结水环破坏时产生的冲击作用，可能引起汲水管头与缸壁发生碰撞，导致固定吸管的损坏。

固定虹吸管排水压差一般为  $19.6 \sim 29.4 \text{ kPa}$ 。当车速较高、凝结水在缸内已形成水环时，凝结水的线速 ( $v_k$ ) 接近于烘缸线速，因而凝结水产生速度压头，通过固定虹吸管压出到烘缸之外，所以车速越高，需要的排水压差越小。

固定虹吸管一般认为在车速小于  $300 \text{ m/min}$  时使用比较理想，但后来也有的工厂在  $550 \text{ m/min}$  的车速下使用，发现排水也比较正常，与旋转式虹吸管无明显差别。

### 3. 旋转虹吸管式排水装置

当纸机车速超过  $300 \text{ m/min}$  时，烘缸内凝结水业已形成水环，则一般需使用旋转虹吸管

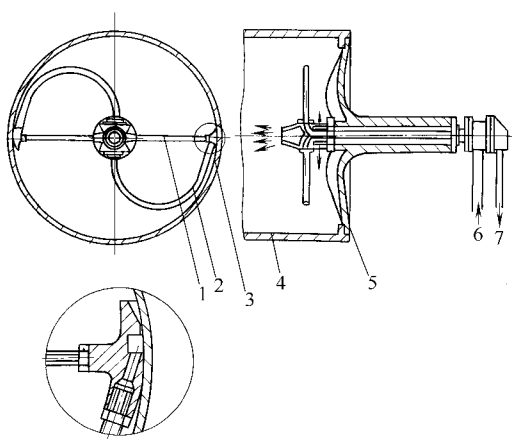


图 6-15 旋转虹吸管式凝结水排出装置

- 1—支杆 2—旋转虹吸管 3—吸头 4—缸体  
5—传动侧缸盖 6—蒸汽进入管 7—凝结水排出管

排水。旋转虹吸管式排水装置如图 6-15 所示。它是固定在烘缸内传动侧缸盖上，虹吸管是成单支或对称双支或三等分三支蜗管状排布，与烘缸一起旋转。按照烘缸尺寸采用机械锁紧：可用弹性连接或者螺丝固定。这种设计可以把烘缸壁与汲入管端的间隙做得很小，一般在  $1.25 \sim 2 \text{ mm}$  之间。

烘缸内凝结水无论是呈水环式或聚积在下部，旋转虹吸管都可以把它排出来。当形成水环时利用虹吸和喷射原理排水；当聚积在下部时排水与庖斗相同。应用旋转虹吸管可使缸内凝结水层厚度不超过  $0.8 \text{ mm}$ 。

为了排除缸内凝结水，烘缸和凝结水排出管之间必须有一定压差，压差大小是由排水装置形式、纸机车速、缸内凝结水状态决定的。可按下

式计算：

$$\Delta p = \rho (h_R + h_M) \times 9.18 + p_1 \quad (6-3)$$

式中  $\rho$  ——凝结水和夹带蒸汽混合体的密度， $\text{kg/m}^3$

$h_R$  ——凝结水由缸壁升到烘缸中轴线的高度，约等于烘缸半径， $\text{m}$

$h_M$  ——缸内凝结水所产生的提升高度， $\text{m}$ ，当采用固定虹吸管、车速低、凝结水不能形成水环时， $h_M = 0$ ；当采用固定虹吸管、车速高、凝结水可形成水环时，

$h_M = -v_k^2/2g$ ；当采用旋转虹吸管、车速高、凝结水已形成水环时，

$h_M = v_k^2/2g$ ，其中  $v_k$  ——缸内凝结水的线速度， $\text{m/s}$ ， $g$  ——重力加速度， $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ， $p_1$  ——汽水混合体流过虹吸管的阻力，一般为  $10 \sim 30 \text{ kPa}$ 。

由上式计算可以看出，旋转虹吸管排液时除了克服提升凝结水重力所产生的阻力外，还必须克服凝结水由于旋转而产生的离心力的阻力，所以车速越高，所需压差越大。

在旋转的烘缸传动侧轴头上与进汽管、凝结水排出管相衔接的装置称为进汽头。它是由一节固定段与一节回转段借有效的密封机构组合而成，如图 6-16 所示。进汽管和排水管都接在汽头固定段上的相应接口上，而回转段则接在烘缸的中空轴头上，两者之间的密封既要能防止后者随缸旋转时发生泄漏，又要能补偿蒸汽通过后发生的热膨胀。

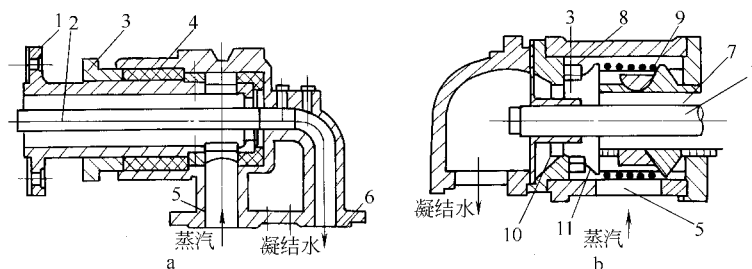


图 6-16 烘缸的进汽头结构

a—固定虹吸管的进汽头 b—旋转虹吸管的进汽头

1—虹吸管 2—烘缸头法兰 3—填料压盖 4—填料密封 5—进汽头接管  
6—凝结水排出管接头 7—进汽管 8—密封环 9—弹簧  
10—锁紧螺帽 11—球面动环

上面介绍了三种凝结水排除装置，它们可以在不同车速下有效的排出凝结水，为提高纸机干燥能力创造了必要条件。但是，随着能源价格的提高，人们迫切希望进一步降低能耗和生产成本，近十几年来对凝结水的排出装置和方法进行一些改进，主要表现在以下几个方面。

#### 4. 对固定式虹吸管式排水装置的改进

一般固定式虹吸管常采用一根带圆弧的钢管，从烘缸一端侧端盖插入体内，一端与汽头相连，另一端悬在缸体内。运转时由于缸体与虹吸管有相对运动，往往因虹吸管圆弧尺寸加工精度不够而与端盖接触发生摩擦，时间长后把虹吸管磨破、磨断、破坏虹吸作用，使凝结水排不出去，影响传热和增加动耗。为了解决这一问题可采用下列两种方法：①在虹吸管拐弯处采用钢丝软管结构，当虹吸管伸进缸体内后即靠自身重力自动向下弯曲。不仅解决了虹吸管磨损问题，且拆装方便。如图 6-17 所示。②将虹吸管的弯管弯曲成  $60^\circ$  角，在水平管和弯管之间增设一个垂直加强筋，如图 6-17 所示。这种加强筋可使垂直虹吸管的吸水端得到固定和稳定，使其挠曲和振动减小到最低值，使虹吸管与缸壁的间隙可以精确调节，从而增加纸机的干燥能力。

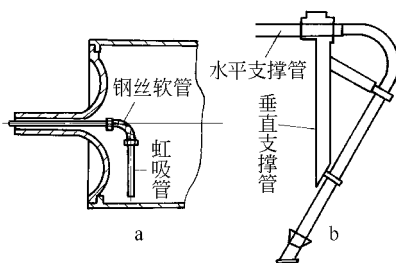


图 6-17 固定虹吸管式排水装置的改进结构图

a—钢丝软管结构 b—垂直加强筋结构

#### 5. 固定虹吸管和破坏凝结水环形成装置结合使用

目前在车速超过  $400\text{m/min}$  以上纸机的烘缸中一般都采用典型的旋转虹吸管式排水装置排出凝结水。尽管经过仔细调整虹吸管与缸壁间隙，使其达到很小程度，能够有效的排出凝结水，但缸壁上仍有一层很薄的滞留层水环，产生相当大的热阻。另外，由于虹吸管随烘缸一起旋转，车速越高，凝结水受的离心力越大，从而造成排凝结水的压差迅速增加，如图 6-18 所示，当车速由  $600\text{m/min}$  提高到  $1200\text{m/min}$  时，排液需压差则由  $45\text{kPa}$  提高到  $70\text{kPa}$ ，不仅会造成大量的能量浪费，影响纸机的运行性能，甚至无法正常操作。所以近几年来，国外已有 200 多台在高速纸机上安装固定虹吸管与破坏凝结水环形成装置结合使用，来克服高速纸机凝结水在烘缸内形成水环而影响固定式虹吸管排水效果。

(1) 在烘缸内设置扰流棒 (如图 6-19)。扰流棒可使凝结水环产生振荡，棒的间距合适可以产生共振，从而可获得很强的湍流；同时，扰流棒还会将缸内壁分隔成许多开敞的格仓，凝结水被扰流棒导向成轴向流动进入缸端的环形槽内被固定虹吸管排出，不会连接成随

缸旋转的水环。使用扰流棒和固定虹吸管排水装置比无扰流棒的旋转虹吸管排水装置相比，干燥能力可提高 30%左右，在车速达到 1270m/min 时，排水压差不超过 27.6kPa。所以国外在所有的高速纸机的烘缸中都设有扰流棒。扰流棒的规格为：高约 60mm，宽约 50mm，可用磁力固定在缸内壁，也可用弹性夹紧环固定。

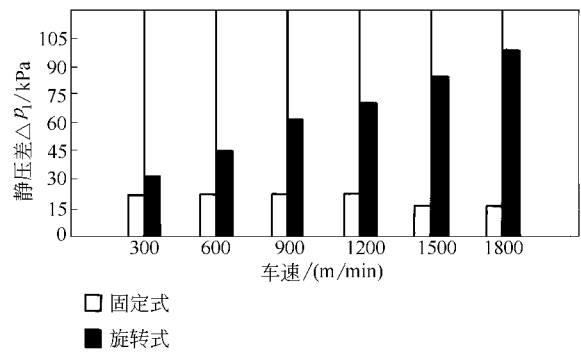


图 6-18 虹吸管在不同车速下排凝结水所需的最小压差

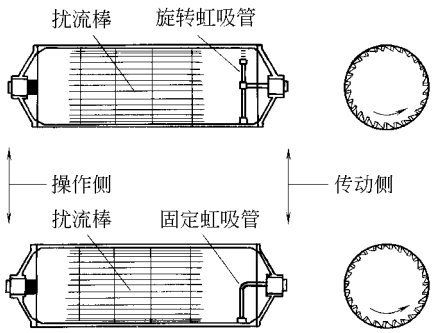


图 6-19 烘缸内设扰流棒的结构

(2) 在烘缸内壁上沿圆周加工出轴向的三角形沟槽（如图 6-20）。沟槽与轴向有一定倾斜角度，凝结水在表面张力作用下集中到沟槽里，沟槽的顶部便成为干燥传热面。当烘缸旋转时产生的离心力在沟槽与轴向斜面上的分力，使凝结水聚集在沟槽里。由于沿锥度斜面的轴向分力有使凝结水排出速度增大的效果。流到烘缸中间的沟槽中的凝结水可用固定虹吸管顺利排出。据介绍，可提高干燥能力 15%左右。

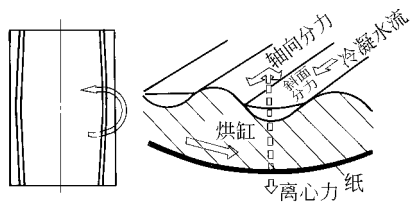


图 6-20 沟纹烘缸的结构

#### 6. 用喷吹蒸汽和热泵配合使用

使用旋转虹吸管式排水装置在车速比较高时，由于离心力的作用使排水的压差很大，造成排水困难。但是，如果允许蒸汽夹带凝结水从虹吸管中排出，就会大大降低排水的有效密度，使排水压差降低很多。这就是所谓的“喷吹蒸汽”。喷吹蒸汽还具有抽吸作用，对于排除凝结水仿佛提供了一个“运输机”。这是因为喷吹蒸汽在进入吸入端时有一个从零到很大数值的急剧加速，这种加速有助于把凝结水粉碎成小微粒，以雾状完全混合排出。另外，由于蒸汽不断的以雾状从烘缸内排除，会将烘缸中的不凝结气体、空气混同蒸汽以稀释状态被除掉，空气倾向于集聚在烘缸壁上，那正是虹吸管喷嘴的位置，当喷吹蒸汽通入虹吸管时，它随着气体迅速地烘缸中排除掉。

喷吹蒸汽在虹吸管内的最佳流速为 23~46m/s，流速过高，会对虹吸管和轴颈产生汽蚀作用。喷吹蒸汽率（随凝结水排出未冷凝的蒸汽与进入烘缸蒸汽总流量的质量百分比）与纸机的车速、排水压差有关，如表 6-1 所示。车速越高，排水压差越高，需喷吹蒸汽率就越高，以保证凝结水适当排出。

表 6-1 喷吹蒸汽率与车速、压差关系

| 车速/(m/min) | 压力差/MPa     | 喷吹蒸汽率/% | 车速/(m/min) | 压力差/MPa     | 喷吹蒸汽率/% |
|------------|-------------|---------|------------|-------------|---------|
| 0~500      | 0.020~0.030 | 16      | 750~1000   | 0.045~0.055 | 25      |
| 500~600    | 0.030~0.035 | 20      | >1000      | 0.055~0.085 | 27      |
| 600~750    | 0.035~0.045 | 22      |            |             |         |

为了使喷吹蒸汽顺利通入虹吸管中，在虹吸管设计时可采用下述两种方法：

(1) 在虹吸管上开一个直径为 6mm 左右的汽孔，如图 6-21 所示。使一部分蒸汽自该孔进入，蒸汽在虹吸管中加速流动，形成降压，吸引并带动管内凝结水迅速排出。

(2) 把虹吸管的吸水头的形状设计成喇叭状，使吸水口表面积大于水平管截面积的 3.5 倍左右，吸水口与缸壁间隙控制在 2mm 左右，吸口部流体通过量略小于水平管通过量，以增强吸水口蒸汽进入量和使凝结水雾化能力，降低混合物密度，从而达到提高排水能力。

采用喷吹蒸汽法中有 16%~27% 的未凝结蒸汽进入汽水分离器中。这部分蒸汽必须充分利用，目前利用方法有两种：一是将从凝结水中分离出来的蒸汽用于低压区烘缸作为加热蒸汽，这就是国内广泛采用的多段通汽。这种方法的主要缺点是各烘缸段相互依赖性大，不利于调节。第二种方法是目前在高速纸机上广泛使用的方法—热泵法。热泵的结构如图 6-22 所示，其工作原理：高压蒸汽通过热泵内的喷嘴时，通过射流产生负压作用，把汽水分离器内的闪蒸蒸汽抽吸上来，与高压蒸汽混合而“增压”后进入同一烘缸区，分离器的凝结水则通过管道排走，如图 6-22 所示。由于热泵对汽水分离器的负压作用，使烘缸排水压差增大，减少了烘缸排水阻力。由于烘缸排水较畅，提高了传热效率，降低汽耗 25% 左右，降低纸机动耗 20% 左右。另外，采用热泵后各段闪蒸蒸汽各自回用，各段烘缸的进出汽压力可以完全独立控制，并可自由分配烘缸数，操作管理方便。

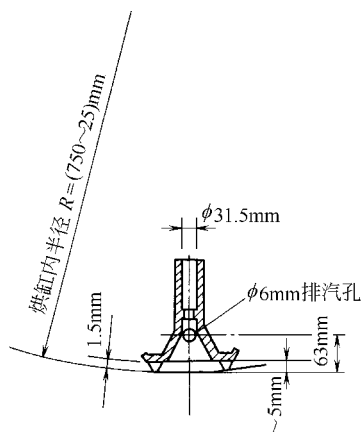


图 6-21 烘缸旋转虹吸管吸口示意图

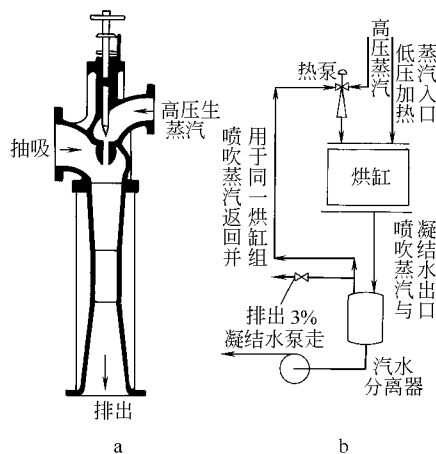


图 6-22 热泵的结构和工作原理

a—热泵的结构 b—热泵的工作原理

## 四、几种新式烘缸简介

### (一) 多开口烘缸

在普通烘缸干燥中热量传递的最大阻力来自于烘缸内凝结水所形成的水环。尽管采用虹吸管、扰流棒等排水和破坏水环的形成装置，使水环变得很薄，对传热的影响大大降低，但仍然对传热有一定影响。多开口烘缸的概念提供了一种全新的提高纸页干燥速率的方法。这种烘缸的结构如图 6-23 所示。这种设计是使进入烘缸内的蒸汽通过在烘缸内表面上纵向开的小沟槽内的流动，将凝结水排出缸外，而使凝结水形成的隔热水环降到最小值。因此，有可能消去延伸到烘缸壁的虹吸管排水装置。这种烘缸还具有更高的热量传递范围和更有效的热量传递结构（对流和热传导）等优点。试验结果证明，这种多开口烘缸的传热系数比具有扰流棒的烘缸高 20% 以上，比无扰流棒的烘缸高 90% 以上。目前在纸机上所使用的烘缸也



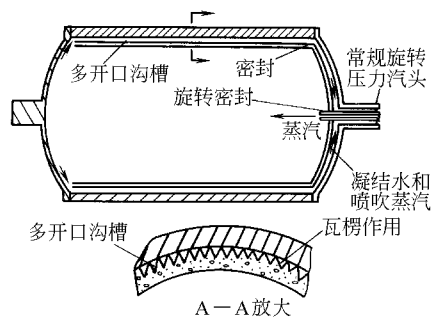


图 6-23 新式多开口沟纹烘缸的结构

好，但制造成本比较高。

带槽烘缸是在烘缸内壁径向加工出沟纹，凝结水在表面张力作用下聚积在沟槽中，用烘吸集束组以保证每个小虹吸管位于沟槽的正确位置，将凝结水有效的排出，从而保证良好的传热效率，用这种烘缸的杨克纸机生产卫生纸车速可达 2000m/min。

### (三) 电磁感应加热烘缸

用蒸汽加热烘缸的干燥装置有许多缺点：①结构复杂，造价高。因蒸汽通入缸内，使烘缸为一压力容器，必须有严格的密封和足够耐压机械强度。为了排除缸内凝结水还要有复杂的排水和连接部件；②部分蒸汽热能还传递给烘缸中无须加热的部件，造成热能浪费。烘缸内热量传递主要靠传导，因受凝结水膜的阻碍，传热系数比较低，缸面温度分布不均匀；③调整温度难，且调整速度很慢；④设备维修费工费时。

而电磁感应加热烘缸则无上述这些缺点，其结构如图 6-25 所示。主要由烘缸壳体、磁通发生器、夹持机构和传动机构组成。缸体材料为金属。

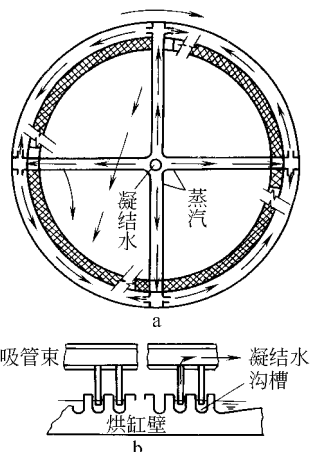


图 6-24 夹层烘缸和带槽烘缸的结构

a—夹层烘缸 b—带槽烘缸

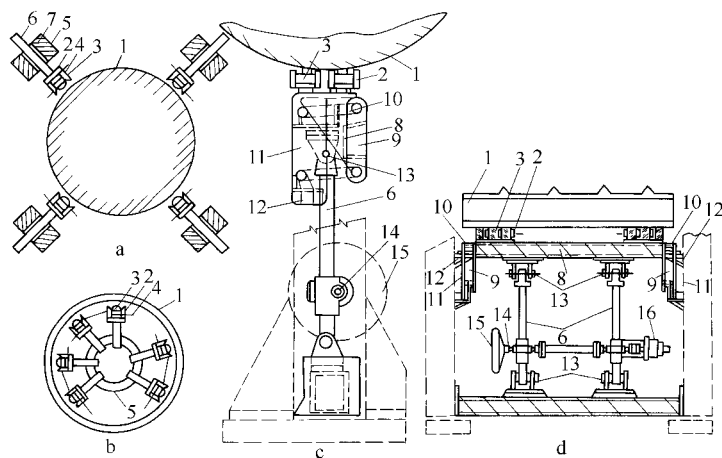


图 6-25 电磁感应加热烘缸的结构

a—外置式电磁感应加热烘缸 b—内置式电磁感应加热烘缸 c、d—外置式夹持器的结构

1—缸壁 2—磁通发生器 3—电磁铁 4—接电源导线 5—夹持机构 6—支臂 7—导向元件 8—横梁  
9—三角形板件 10—连杆 11—板件 12—托梁 13—圆柱销 14—操纵轴 15—手轮 16—电机

烘缸壁的加热原理：电机驱动烘缸按一定速度转动，夹持机构使电磁铁靠近缸壁，在励磁绕组中通入电流后，在烘缸壁内就有磁力线通过，磁通量密度在一定范围内取决于电磁铁的励磁电流强度。当烘缸转动时，缸壁各点单位时间内的磁通  $\phi$  不断发生变化，从而产生和此变化成比例的电动势，而使缸壁内产生流通的电流，根据焦耳定律，缸壁就被加热。可以通过调节烘缸壁与电磁铁的间距或调节电磁铁的励磁绕组电流强度就可以调节缸壁的温度。

## 五、干毯缸和干毯辊

在干燥过程中，由于毛细管作用和水蒸气通过干毯时的冷凝，使干毯中含有一定水分。干毯中含水量高会降低纸页的干燥速率，因此通常采用干毯缸来干燥干毯。干毯缸的结构和烘缸相同，只是没有传动而由干毯带动旋转。为了充分利用干毯缸的干燥面积，干毯对它的包角达  $300^\circ \sim 320^\circ$ 。干毯经过干毯缸加热后，温度提高  $12 \sim 18^\circ\text{C}$ ，达到  $75 \sim 90^\circ\text{C}$ 。如果干燥部使用干网，则可不用干毯缸。

由于提高干毯的干度可使干燥部的生产能力提高 10% 以上，所以近年来不少工厂还采用下述方法来提高干毯的干度：①用热风干燥缸代替普通的干毯缸。这种干燥缸的结构如图 6-26 所示。辊径为  $1.0 \sim 1.5\text{m}$  空心圆筒，缸壁上满布直径  $20 \sim 25\text{mm}$  的连通孔。筒内装有加压室，室中通有  $3.92 \sim 4.90\text{kPa}$  压力的热风，通过孔眼穿透干毯使之干燥；②用特殊结构的热风干毯辊来代替烘缸之间的普通导毯辊，干毯辊的结构如图 6-27 所示。在辊体上焊有纵向的平行筋条，筋条之间形成很多小室。 $90 \sim 100^\circ\text{C}$  的热风从两端不转动的进风分配头，以  $0.4\text{kPa}$  的压力进入这些小室，然后通过包绕着小室的干毯逸出，使干毯干燥。进风分配头的结构保证只向被干毯包绕的一部分小室送风。

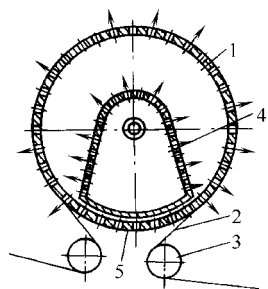


图 6-26 热风烘毯缸的结构  
1—烘毯缸 2—干毯 3—导毯辊  
4—缸内送风室 5—挡板

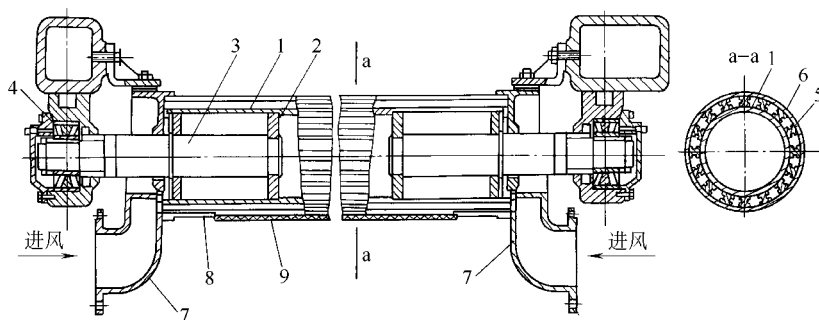


图 6-27 热风干毯辊的结构

1—辊体 2—焊接闷头 3—轴头 4—轴承 5—筋条 6—外圆条形带  
7—进风分配头 8—限制吹风宽度的环 9—干毯

## 六、冷 缸

在干燥部的末端，一般都设置有通水冷却的冷缸。纸幅经过冷缸后，温度由  $90 \sim 70^\circ\text{C}$  降到  $55 \sim 50^\circ\text{C}$ ，湿度增加  $1.5\% \sim 2.5\%$ ，增加纸页的可塑性，有利于压光后提高纸页的紧度和平滑度，并减少纸页的静电，从而减少由于静电吸引现象在纸的进一步加工和印刷中引起的困难。造成纸页回湿的原因是由于冷缸表面温度低，使干燥部的水蒸气在冷缸表面上冷

凝，形成水膜而造成的。

为了使纸幅的两面均得到冷却，通常是设置两个冷缸，上、下排各一个。如果只设一个冷缸时，一般应设在上排，用以回湿纸幅的网面，有利于提高网面的平滑度，从而降低两面平滑度的差别。而纸幅的正面则用装置在干燥部和压光机之间通有冷却水的弹簧辊来冷却。有时为了提高纸幅的湿度，冷缸还装有润湿毛毯。

纸幅在冷却和润湿过程中会发生变形，长度的变化尤为显著。因此冷缸最好有单独的传动和独立的干毯，但为了简化纸机的结构，在生产一般纸种的纸机上，冷缸都包含在烘缸的传动组内，并和烘缸共用一条干毯。

在大多数纸机上，冷缸和烘缸的缸体是一样的，仅进出冷却水的装置是冷缸特有的。冷缸的结构如图 6-28 所示。冷却水送入缸内一根直径为 35~40mm 的喷水管中，喷水管的表面有许多喷水小孔，将冷却水均匀的喷在整个冷缸的宽度上，使冷缸受到均匀而有效的冷却。普通冷缸运转中常常是充满半缸水，水是从冷缸的一侧或两侧的轴头自流出缸外的。在高速纸机上，多采用虹吸管排水，但由于虹吸管排水需要一定的压差，因此可向冷缸中输入 30~51kPa 的压缩空气，以利于排水。

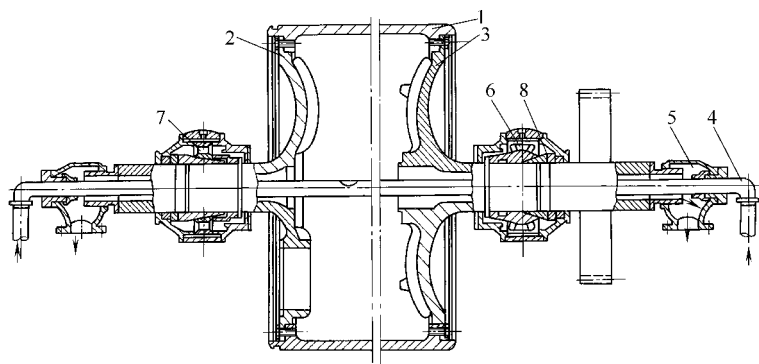


图 6-28 冷缸的结构

1—缸体 2、3—缸盖 4—冷却水进水管 5—进水头  
6—双列球面滚珠轴承 7—轴承 8—固定轴承螺母

### 第三节 干燥装置的供热系统

#### 一、概 述

目前，纸机干燥装置的供热方法主要有：饱和蒸汽供热，热油供热，红外线供热，电磁供热等。饱和蒸汽供热是最先用于纸机干燥纸页的方法，现在仍然被广泛采用。其操作简单、安全，可以满足纸页的质量要求，但由于缸内的蒸汽压力一般为 0.1~0.3MPa，属于压力容器，因此制造和使用要求比较严格，设备庞大，热效率低，排除缸内凝结水困难。热油供热是以导热油作为加热介质，加热烘缸干燥纸页的。这种方法运行系统简单，投资少，节省能源，升温快。红外线干燥多只限于作为辅助干燥用，如在二、三压榨前用于提高纸页温度，以提高压榨脱水效果；用于涂布后干燥或用于纸机干燥部的适当部位，以调节纸幅水分的均匀性等。红外线是一种具有 0.76~400 $\mu$ m 波长的光波，其辐射能可以促使物料游离水分蒸发，并能穿透物料内部，促进内部水分向外扩散。红外线干燥速度快，且纸幅水分均

匀,但日常操作费用大,使用不当会伤人损物。电磁供热是当导体通过磁场切割磁力线就在导体内产生电流。感应电流在金属体内形成回路,称为涡流,并产生热量  $I^2R$ 。使烘缸表面获得要求的温度。这种供热方法可以进行精确的自动控制,其余特性与红外线相似。

## 二、供汽系统的类型

尽管现在纸机干燥装置的供热方法有多种,但以饱和蒸汽作为热源的干燥方法仍然占有绝大部分,为此在此只讨论蒸汽供热系统的类型,主要有以下几种。

### (一) 单缸调压并联直通供汽系统

这种供汽系统多用于老式的多缸或单、双缸造纸机中,由锅炉房送来的高压蒸汽经减压阀减压到 0.35MPa 以下,由蒸汽总管直接通到每个烘缸内,每个烘缸的管线上均设有压力调节阀和流量计,以调节进入烘缸内蒸汽的压力,从而调节烘缸表面干燥温度,满足纸的干燥温度曲线的要求。

烘缸内的凝结水是通过缸内蒸汽压力和排水装置排出的。凝结水管线上装有疏水器以防止蒸汽逸出,凝结水送回锅炉房。这种系统调节烘缸温度比较方便,系统简单,对纸种适应性强,但由于无蒸汽循环,不凝气体无法排出,热效率低,且疏水器大多不能正常工作,使缸内积水严重,能耗高,维修工作量大,为解决这个问题可在原系统中增设热泵和闪蒸罐,可节汽约 30%,如图 6-29 所示。

### (二) 大直径烘缸的供汽系统

大直径烘缸主要用于高速单面光薄页纸机上,由于其耗汽量大,一般采用如图 6-30 所示的循环供汽系统。该系统允许一部分蒸汽随凝结水排出,以便将烘缸内不凝性气体带出来和有利于凝结水的排出,提高传热效率。进入汽水分离器的蒸汽和闪蒸汽一起经热泵提高压力后再送入烘缸内。这种系统要求来的新蒸汽压力应为 0.6~0.8MPa。一部分闪蒸汽经压力控制后进入冷凝器,再经真空泵排出。汽水分离器下部的凝结水送回锅炉房。这种系统充分利用了蒸汽的热量,热效率高,在新型配用大直径烘缸中得到广泛应用。

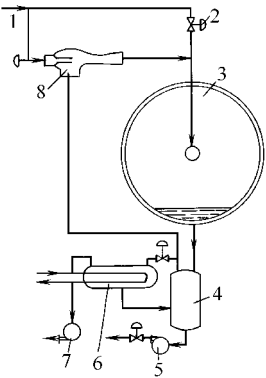


图 6-30 大烘缸循环供汽排水系统

- 1—高压新蒸汽 2—调压阀
- 3—大直径烘缸 4—汽水分离器
- 5—凝结水泵 6—冷凝器
- 7—真空泵 8—热泵

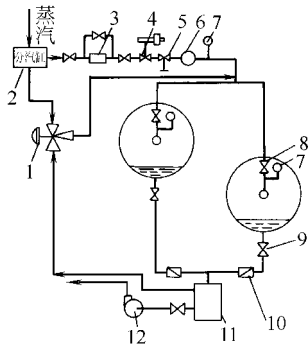


图 6-29 带热泵的单缸调压  
并联直通供汽系统

- 1—热泵 2—分气缸 3—供汽总管减压阀
- 4—安全阀 5—总汽阀 6—流量计
- 7—压力表 8—进缸气压调节阀
- 9—凝结水阀 10—疏水器
- 11—闪蒸罐 12—凝结水泵

### (三) 分组调压串联循环供汽系统

为了排除烘缸内的不凝性气体,提高传热效率和充分利用热能,满足纸页质量要求及降低凝结水排除故障和维修量,现代多缸纸机一般都采用分组调压串联循环供汽系统。在这个系统中把干燥部的全部烘缸分为 3~5 个通气段,第一段烘缸为靠近压光机处,是整个干燥部烘缸缸面温度最高的那些烘缸,也是干燥率曲线上处于恒干燥率和降干燥率曲线段下的那些烘缸,其供汽压力为最高。最后一段烘缸为靠近压榨部处的几个烘缸,即纸幅升温阶段,缸面温度在较低范围内递升的那些烘缸。烘毯缸通常被连成为一个供汽组,用与第一段烘缸同样压力的蒸汽供

热，全组共用凝结水管和水汽分离器。图 6-31 为这种系统的传统供汽的一例。进汽总管的高压蒸汽经压力调节阀后分别进入一段烘缸和烘毯缸组供汽管。通常压力调节阀是受各供汽管的压力变送器来控制，借以保证各供汽管中有稳定、符合工艺规程要求的压力。通过第一段烘缸段和烘毯缸段的喷吹蒸汽和凝结水进入各自的水汽分离器。喷吹蒸汽和闪蒸汽由水汽分离器进入第二段即供汽压力稍低的烘缸组的供汽管，作为其一部分加热汽源，不足部分则从生蒸汽管来的蒸汽经压力变送器控制压力后补充到第二段烘缸的供汽管中。第二段烘缸组的喷吹蒸汽和水汽分离器中的闪蒸汽同样地进入第三段烘缸组供汽管。第三段烘缸的供汽压力通常都较低，其水汽分离器接真空冷凝器，在真空下进行乏气的冷凝。各水汽分离器中的凝结水则送回热电站。

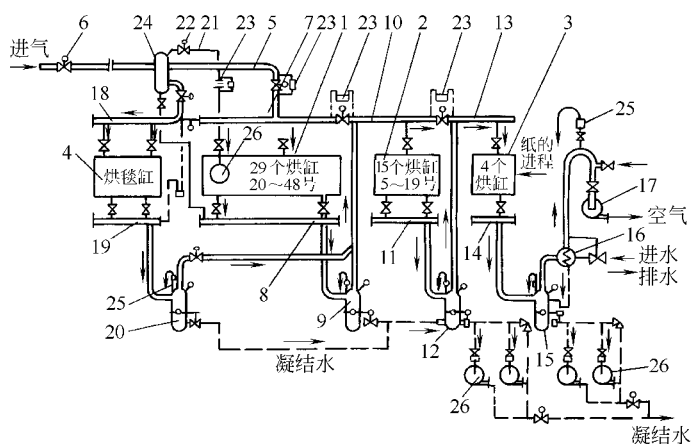


图 6-31 传统分组调压串联循环供汽排水系统

- 1、2、3—分别为第一、二、三段烘缸 4—烘毯缸组 5—进汽总管 6—总截止阀 7、8—第一段供汽和凝水管  
9、12、15—分别为第一、二、三段水汽分离器 10、11—第二段供汽和凝水管 13、14—第三段供汽和排水管  
16—冷凝器 17—真空泵 18、19—干毯缸组供汽管和凝水管 20—烘毯缸组水汽分离器  
21—指示烘缸供汽管 22—压力调节阀 23—压差变送器 24—进汽总管水汽分离器  
25—恒温排汽器 26—凝结水泵

在分组调压串联循环供汽系统中，往往在烘缸干燥部的最后处，即第一段烘缸的起始处，设有一个指示烘缸（图 6-31 中的 46 号缸）来按该处的纸幅湿度自动调节烘干部的进汽量亦即进入第一段烘缸供汽管的汽量。如图 6-31 中的序号 21 管上有序号 23 压差变送器，该管即单独向指示烘缸供汽，它从进汽总管水汽分离器引出时经压力调节阀保持了稳定的供汽压力，在压差变送器 23 的管段上有节流孔板，压差变送器的两头即接在孔板两侧。当指示烘缸上的纸幅湿度有变化时，缸内因传热量变化而凝水量也变化，使孔板近缸一侧压力变化，导致孔板两侧压差变化。这一压差变化信号即送到第一段烘缸供汽管之前进汽总管上的压力调节器去控制进汽量，使纸幅湿度重新恢复到原来的调定值。

进入 20 世纪 80 年代以来，热泵开始在新型纸机的多段通气中普遍使用，使干燥效率进一步提高，各段压差和温度更易控制，凝结水更易排出。用热泵后，各段烘缸的喷吹蒸汽和水汽分离器中的闪蒸汽可以经增压后回到本段烘缸作为热源，也可以进入后段烘缸作为热源。图 6-32 所示为在某生产纸袋纸高速纸机干燥部成功使用的混合循环—串级—热泵的复式供汽系统。

在这个供汽系统中，0.81MPa 的过热蒸汽用于 Tc212、Tc215 两台热泵和 Clupak 伸性

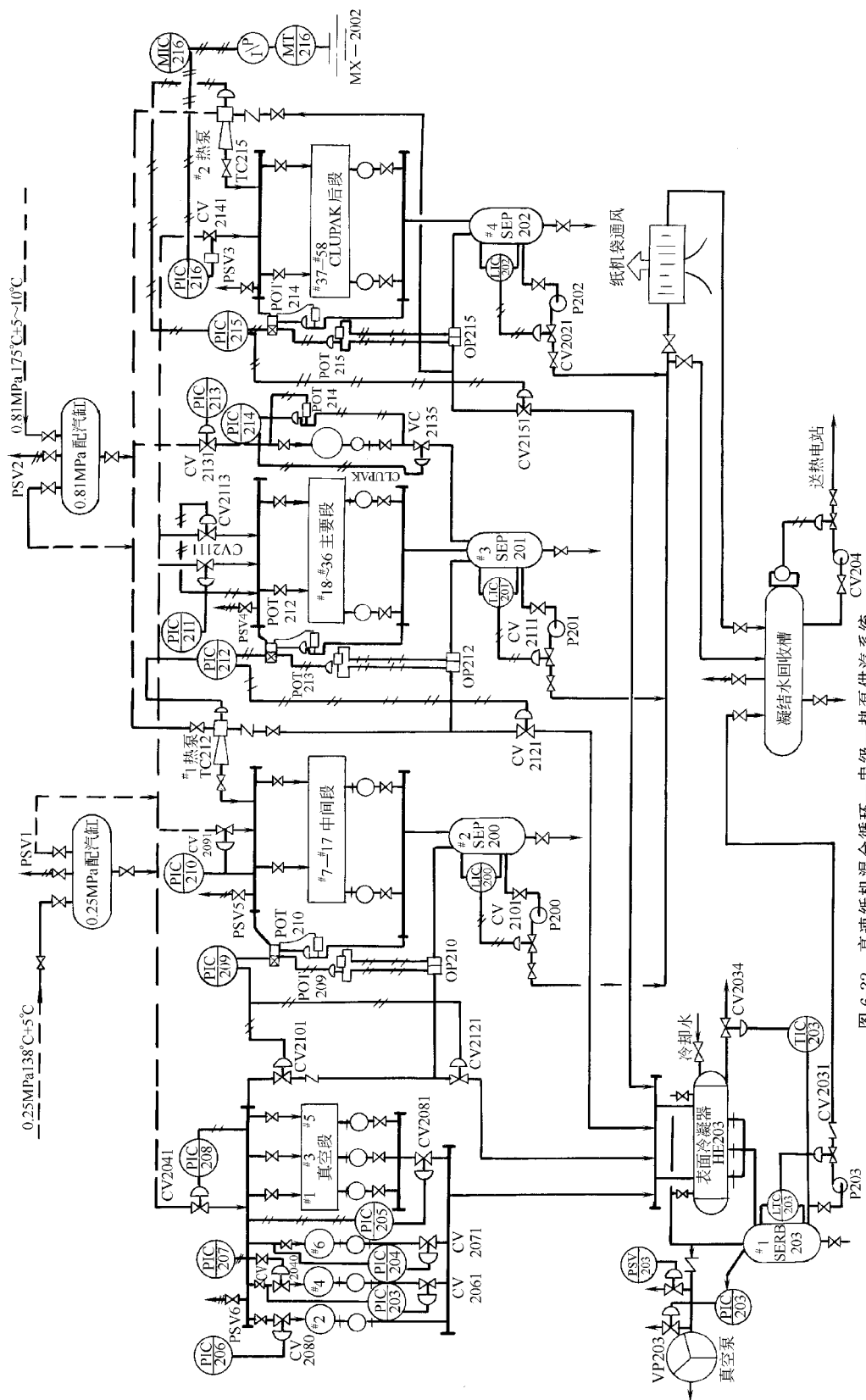


图 6-32 高速纸机混合循环—串级—热泵供汽系统

装置烘缸中。0.25MPa 蒸汽则用于各段烘缸的热源。两个汽源均有单独的配汽缸和超压排放安全装置及温度、压力、流量、压差等遥控仪表和自动记录。由于本系统是高低压汽源混合循环使用，故每段的烘缸进汽总管上均安有 PSV 安全阀和排空连通管，当各段烘缸超压时，可自动切断高压气源进入系统。

该供汽系统的控制过程是：① Clupak 后段：蒸汽总管上的控制阀 CV2141 由 Mcasur-cx—2002 系统，按照纸页定量/水分微处理机的指令信号自动控制。#2Tc215 热泵根据 #4 水汽分离器出孔板流量计 Op215 的流量信号，或本段压差  $\Delta P$  与调节器 PIC215，保持以上参数恒定，以此控制热泵气门开度。#4 分离器 SEP202 的二次蒸汽被热泵抽吸，通过喷射器扩散管，其混合气体与 0.25MPa 补充蒸汽同时进入本段。正常运行中，本段通向表面冷凝器 HE203 的控制阀 Cv2151 处于闭合状态。#2 热泵在本段是在闭合回路中工作，它使水汽分离器的二次蒸汽升压、循环再利用。当纸页断头时，信号使 #1、#2 热泵的 0.81MPa 汽源自动关闭，各段水汽分离器通往表面冷凝器的调节阀全部自动开启，进行快速冷凝。② 主要段：本段汽源为 0.25MPa 新蒸汽，按流量比例分两路进入主管，凝结水入 #3 水汽分离器 SEP201，二次蒸汽被 #1 热泵 Tc212 抽吸升压后作为中间段的汽源。③ 中间段：本段汽源为 0.25MPa 新蒸汽和 #1 热泵混合蒸汽同时进入本段主管，凝结水入 #2 水汽分离器 SEP200，二次蒸汽串入真空段主管。④ 真空段：为了避免湿纸页由压榨部进入干燥部骤然产生“强干燥”现象，必须降低烘缸表面的温度，故本段是在负压的状况下运行的，因而称为真空段。由于湿纸强度差，本组烘缸采用蛇形单挂式吸水性强的双面帆毯，湿纸页只在上排烘缸（#2、#4、#6）与缸面接触干燥，而下排烘缸（#1、#3、#5）则干燥单挂帆毯，纸页裸露在帆毯外侧，所以本段的通气控制较为特殊。根据烘缸温度曲线的要求，#2、#4 单独设压力调节器 PIC206、207 以控制其进汽流量。而 #1、#3、#5 烘毯缸和 #4、#6 烘缸的压差调节器，是通过相对应的凝结水排出调节阀来执行的，本段各缸凝结水直接汇入表面冷凝器。⑤ 不凝气体的排除：循环系统中出现的不凝气体先经管式表面冷凝器 HE203 冷凝，其热交换量为 12.6kJ/h，此容量要能适应系统出现故障或纸页断头时，各段进汽流量短时不变；此时，各段水汽分离器的二次蒸汽则同时排入表面冷凝器冷凝，以保持系统的真空状态。冷凝液进入 #1 真空分离器 SERB203，不凝气体则由真空泵 VP203 抽吸排空。

图 6-33 是国外在新式单层纸机的干燥装置中所采用的典型的串联—热泵供热系统，在这个系统中各烘缸段的通汽压力可以完全独立控制，以满足工艺要求。

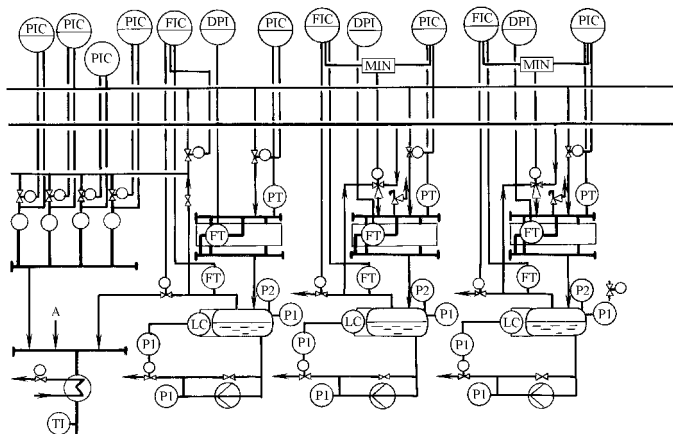


图 6-33 国外单层纸机干燥装置典型的串联—热泵供热系统

### 三、供汽系统的管路

造纸机干燥部所用的蒸汽，一般是用热电厂发电后蒸汽，用于烘缸干燥的蒸汽压力在 0.3MPa 左右，用于热泵的高压蒸汽在 0.6~0.8MPa。

蒸汽管路由无缝钢管组成。各段管子用法兰连接。在双层布置的纸机中，蒸汽总管和凝结水总管布置在传动侧的楼板下。由总管分出直立的蒸汽管和凝结水管到每个烘缸及帆毯缸。在总管和分管上都装有膨胀补偿接头，如波形膨胀节、波纹管、填料函式的连接、瓦楞形弹簧等。

蒸汽管的设计应留有富余能力，以满足纸机生产能力提高时的要求。计算蒸汽管的直径时一般按下列原则进行：在用羊毛干毯时，烘毯缸耗用蒸汽占总用汽量的 20%；而用帆毯时，则约为 10%~15%。烘缸最大的耗汽量可能超过平均耗汽量的 40%。此外，在用蒸汽循环系统时，还必须考虑喷吹蒸汽量。为便于制造和维护，所有烘缸的蒸汽管和凝结水管都采用按最大流量计算得出的管径。蒸汽总管中的蒸汽流速不应超过 30~40m/s，而至烘缸的蒸汽管内的流速则应小于 20~25m/s。由此可以确定蒸汽管径。蒸汽总管的直径通常为 150~400mm（幅宽 4200mm 以内的纸机）。烘缸的蒸汽管直径通常为 35~50mm，宽幅纸机可能达到 60mm 以上。凝结水管的直径决定于供汽的形式。在有蒸汽循环的供热系统中，凝结水管内是凝结水和蒸汽的混合物，其管径可取其相应蒸汽管径的 50%~60%。

水汽分离器通常是一个直径 800~1000mm，高 1.5~2.0m 的圆柱形容器。其结构如图 6-34 所示。凝结水与蒸汽的混合物由管体上部进入，并撞击在挡板上。水汽分离器中的压力小于水汽混合物的进入压力，所以产生二次蒸汽。蒸汽由上方引出，凝结水则积聚在筒底。保持一定液位后多余的凝结水送回热电站。

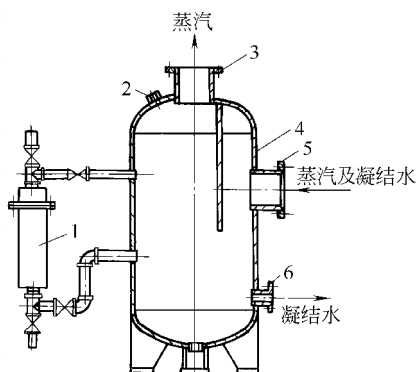


图 6-34 水汽分离器结构图

- 1—筒体 2—凝水与蒸汽混合物进入的接管  
3—蒸汽排出接管 4—凝水排出接管  
5—压力计接管 6—液位指示调节器

### 四、采用其他热源的干燥系统

#### （一）热油加热烘缸的供热干燥系统

热油加热烘缸是以被加热的热油作为热载体，将其热量传递给烘缸表面来干燥纸页的。其供热系统如图 6-35 所示，即可用于单缸纸机，也可用于多缸纸机。导热油由加热炉加热

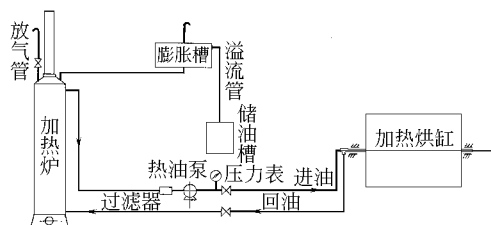


图 6-35 热油供热系统图

到要求的温度后，从加热炉上部流出经过滤后由热油泵输送到进油总管中，然后再由进入各烘缸的进油支管的控制阀控制流量后进入烘缸内，与烘缸壁热交换后的低温油由回油管道再进入加热炉中加热后循环使用。可以通过调节进出烘缸热油的流量来调节烘缸表面温度，满足干燥工艺要求。据介绍，这种供热系统与蒸汽供热系统相比有如下优点：①运行系统简单，不需要水处理设备、凝结水排出和回收装置；②安全性好，导热油在 300℃ 时基本不汽化。如要获得 250℃



的温度，油缸内只有 0.1MPa 的压力，而用蒸汽则要达到 4MPa 压力。③投资少，由于热油系统简单，且在低压下运行，所以比蒸汽供热系统造价低，投资少，可比蒸汽系统节约投资 1/3 左右。热油供热系统 10~15 年不需大修，10 年内不用更换导热油；④节约能源，热油供热系统进出烘缸油温差一般为 5~15℃，回油只需在油炉内升温 5~15℃又可循环使用，每次补充热量很少。而蒸汽供热系统需要把凝结水重新加热成蒸汽，且要不断补充冷水，就需要大量的热能将凝结水和冷水加热为饱和蒸汽。能耗大，效率低。

### (二) 红外线供热系统

红外线供热干燥具有蒸发速度快，成纸水分均匀等优点。但受设备结构的限制，主要是对流干燥，纸页不能在烘缸干燥中受干毯的挤压作用而紧贴烘缸表面，所以其干燥的纸页必然有平滑度、紧度低，平整性差，松厚度大，成纸稳定性差等缺点，所以，无法使纸页全部用红外线干燥，只能作为辅助干燥系统。由于厚水膜对短波长的红外线有较强的吸收性，而薄水膜则对长波长的红外线吸收性强，所以在压榨部或干燥的初期用红外线干燥时，一般应选用镍铬合金石英管辐射器，它的辐射源温度为 760~980℃，有效波长范围 2.6~2.8μm，能量分布辐射占 55%~45%，对流占 45%~55%。干燥末期，纸页中水分含量低，水膜薄，应选用辐射温度低，波长长的远红外线，可选用埋入镍铬合金丝碳化硅板辐射器，电阻丝板面温度 540℃，辐射源温度 200℃，有效波长 6μm，能量分布辐射占 50%~20%，对流占 50%~80%。红外辐射的最大穿透深度约 0.6mm，所以对于高定量和厚纸板应采用双面辐射。

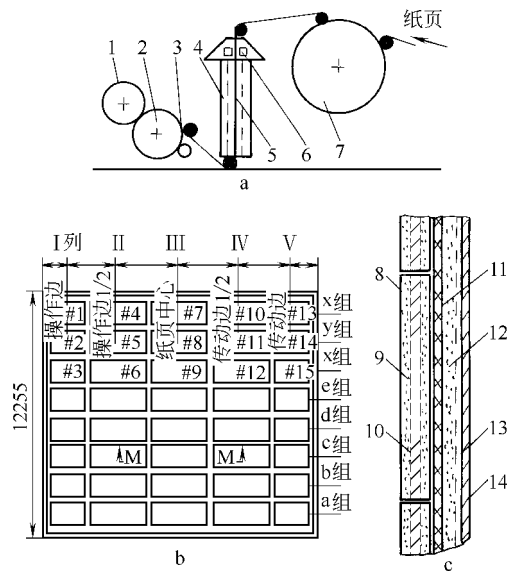


图 6-36 红外线辐射干燥图

a—红外线辐射干燥流程图 b—红外线辐射干燥装置图 c—碳化硅壁板结构

- 1—纸卷 2—卷纸机 3—冷风机
- 4—远红外线辐射器(2片) 5—温度计
- 6—抽风机风孔 7—烘缸 8—远红外线涂料
- 9—碳化硅基体 10—电热丝 11—石棉板
- 12—硅酸铝纤维毡 13—角钢框架 14—镀锌板

红外干燥加热器可用煤气或电来加热，一般多用电红外干燥器，便于控制。红外供热干燥若用在压榨部，则是横向与纸页同宽，纵向间隔一定的距离布置若干条红外加热干燥器，接通电源即可。若安在干燥部的末端调节纸页的水分，一般为成片安装。图 6-36 是某厂在生产纸板的干燥末端安置红外干燥器一例，本例的红外线辐射器选用 BYD III 型碳化硅板，其规格为 320mm×140mm×30mm，1.0kW，200mm×150mm×30mm，0.6kW。按照纸幅宽度及需要的辐射面积和有效功率，排列布置形式如图 6-36 所示。排布的原则是两边功率密度低、中间高，因为进入辐射器的纸页水分是两边低、中间高。其次要能满足局部调整纸页水分的要求。碳化硅板结构如图 6-36 所示。

### (三) 电磁供热干燥系统

电磁供热干燥系统是在烘缸内或外沿烘缸宽度方向上靠近烘缸壁排列若干排电磁铁，烘缸旋转时切割磁力线而产生电流，使缸体发热而干燥纸页。在烘缸内安装电磁铁的烘缸见上面的电磁感应烘缸一节。在烘缸外部安放电磁铁的加热烘缸主要用于纸页水分调整用。这时每个电磁铁的感应宽度为 150mm，与缸面的距离 13mm，

电磁铁应交错排列,如图 6-37 所示。每个磁铁的励磁线圈要求的输入功率很小,通常为 100W,但可以在 150mm 宽的缸面内感应产生 10kW 的涡流加热缸面。能量是由纸机传动供给的,每个线圈分别励磁,可由人工或计算机控制调节。用成纸的湿度作为反馈信号,可以准确地控制横幅水分分布。这种供热系统主要是搞好电器线路的正确连接。

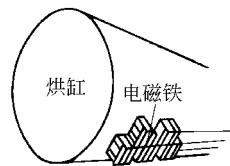


图 6-37 电磁烘缸干燥装置

## 第四节 干燥装置的通风装置

一般来说,每抄造 1t 纸,纸页在干燥装置处要蒸发大约 1.5t 水,而要排除这些水汽,干燥装置所需的通风换气量为 50~100t 的新鲜空气。现代纸机中任何额外的东西都会导致对纸机的干扰,在这种环境下处理如此大量的空气是一项要求极高的工作。为了经济而有效的通风换气,保证纸机正常生产,必须对纸机的通风装置有深入了解。

### 一、通风的工艺计算

#### (一) 干燥装置的总通风量的计算

通风装置所需的空气量是由纸机的生产能力、生产每公斤纸所需蒸发的水量、空气的性质等决定的。可按下式计算:

$$L_n = \frac{G(C_2 - C_1)}{C_1(X_1 - X_0)} \quad (6-4)$$

式中  $L_n$  ——纸机每小时需要的通风量, kg 空气/h

$G$  ——纸机每小时产纸量, kg 纸/h

$C_1$ 、 $C_2$  ——分别为进、出干燥装置的纸页干度, %

$X_0$ 、 $X_1$  ——分别为进、出干燥装置的湿空气的含水量, kg 水/kg 空气

进、出干燥装置的空气含水量与空气的温度和相对湿度有关,可根据空气的温度和相对湿度从有关手册中查得,一般用敞开式通风罩排风温度为 40~60℃,相对湿度为 50%~70%;用全封闭通风罩排风温度为 70~82℃,相对湿度为 60%~80%,夏季排气的相对湿度可取高值。

#### (二) 袋通风的通风量的计算

$$L_s = \frac{\alpha \pi D b_m E_v n w}{360(x_1 - x_2)} \quad (6-5)$$

式中  $L_s$  ——袋通风所需的空气量, kg 空气/h

$\alpha$  ——纸与烘缸的包角, (°), 多烘缸纸机一般为, 230°~240°

$D$  ——烘缸直径, m

$b_m$  ——纸幅宽度, m

$E_v$  ——蒸发率, kg 水/(m<sup>2</sup>·h)

$n$  ——袋通风烘缸个数

$w$  ——自由蒸发率%, 可按图 6-38 查取

$x_2$ 、 $x_1$  ——送入、排出空气的湿含量, kg 水/kg 空气

#### (三) 袋通风的耗热量计算

袋通风的耗热量包括加热袋通风所需空气的耗热量和换热器的热损失。

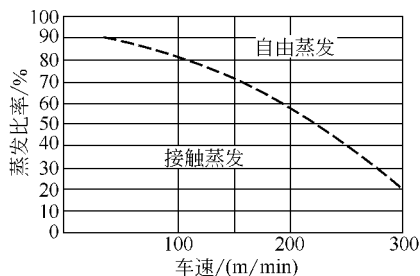


图 6-38 对流干燥与接触干燥的速率与车速的关系

式中  $A_w$ ——换热器外壁面积,  $m^2$

$t_w$ ——换热器外壁温度,  $^{\circ}C$

$t$ ——换热器周围环境温度,  $^{\circ}C$

$K_T$ ——对流和辐射联合传热系数,  $kJ/(m^2 \cdot h^{\circ}C)$

$K_T$  可用下列公式估算:

(1) 空气作自然对流时:

在平壁保温层外:  $K_T = 3.6[9.8 + 0.07(t_w - t)]$  (6-8)

在管道或圆筒壁保温层外:  $K_T = 3.6[9.4 + 0.052(t_w - t)]$  (6-9)

(2) 空气沿粗糙壁面作强制对流时:

当空气流速  $v < 5m/s$ ,  $K_T = 3.6[6.2 + 4.2v]$  (6-10)

当空气流速  $v > 5m/s$ ,  $K_T = 3.6 \times 7.8v^{0.78}$  (6-11)

## 二、干燥装置的通风罩

通风罩是干燥装置的重要组成部分。因为通风和热回收装置的组织设计和经济效果, 均取决于通风罩的形式及其热工性能。多缸纸机的通风罩主要有两种形式, 开敞式和全封闭式。

(一) 开敞式通风罩

开敞式通风罩的结构如图 6-39 所示, 它主要适用于低中速、窄幅造纸机。

(二) 全封闭式通风罩

全封闭式通风罩的基本结构如图 6-40 所示, 这种气罩作为现代纸机纸幅干燥的新型节能设备在国外已被广泛应用。据介绍, 这种全封闭式通风罩可以比开敞式通风节约蒸汽 15%~20%, 干燥部提高干燥能力 15%~20%, 且可以改善操作条件, 降低设备腐蚀。近几年来, 国内一些从国外引进的纸机和大型纸机改造中也都

采用全封闭通风罩。目前国内的机械厂也可以生产。在设计全封闭通风罩时要注意必须具有灵活的调节性能; 保证在纸机横幅方向操作、传动侧的空气流量和流动状态的相等和平衡; 保证在纸机干燥部的纵向各部位的排风量和该部位的蒸发强度相适应; 防止通风罩上开口处结露, 尽量减少通过开口处渗入车间空气, 尤其是高露点全封闭式通风罩更应减少开口数量; 还要注意要有坚固的结构和良好的保温性及气密性; 要有良好的防火设施, 防止引起火

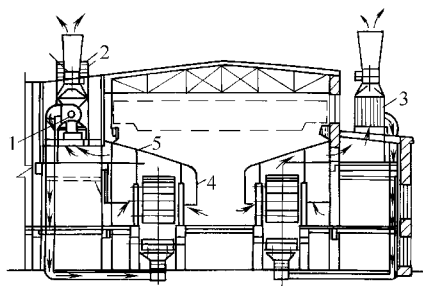


图 6-39 有热风吹毯的开式汽罩

1—进风机 2—排风机 3—热交换汽  
4—开式汽罩 5—汽罩顶壁

灾，保证纸机安全生产，罩内应设有消防水系统和测温、测烟雾装置及均匀喷水装置。

### 三、袋区通风装置

在双排烘缸双干网组成的干燥装置中，由烘缸、干毯和纸幅所组成的一个相对封闭的边区域称为“袋区”。如图 6-41 所示。袋区内气流与外界交换很慢，通风的空气必须从两边进入同时再从两边排出，才能与湿汽进行交换，并将袋区内蒸发出来的水汽带走。这样必然造成两边气流大中间小，从而使中间部位的空气相对湿度较高，纸机越宽越严重。不仅影响纸幅干燥速度，且造成纸幅两边水分少，中间水分多。为了避免中间水分过大，常常是被迫使纸边过干燥，从而使干燥装置的干燥能力下降约 20%，汽耗增加约 10%，且纸边的弹性差，发生卷曲、表面纤维发脆和呈颗粒状等现象。为了解决这个问题，世界上通行的办法是在袋区设置通风装置。袋区通风装置有以下几种。

#### （一）横吹风装置

横吹风装置的结构如图 6-42 所示。在这种装置里，热风通过间隔交错排列布置于纸机两侧的风口，横向吹过气袋。经验表明，横吹风装置只适于网宽 3.8m 以下的低速窄幅纸机，且应与帆毯等透气性小的干毯配合使用，才能发挥作用。要求喷嘴直径 9~12mm，热风温度 70℃ 以上，喷速为 100~120m/s。这种吹风装置的吹风口后部呈现负压会将车间内的低温空气带入气袋内，使袋区温度降低。

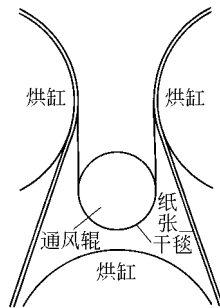


图 6-41 烘缸袋区

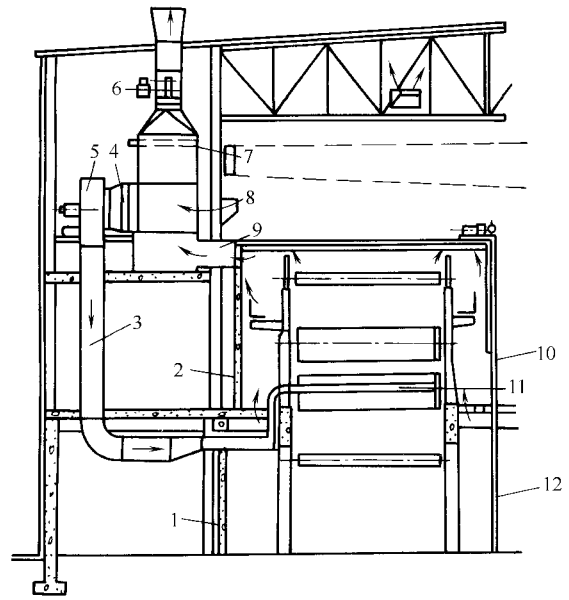


图 6-40 全封闭式通风罩

- 1—底层壁板 2—传动侧罩壁滑动门 3—进风总管  
4—空气加热装置 5—离心式风机 6—轴流式风机  
7—水冷装置 8—车间顶部空气入口  
9—热湿空气排出风道 10—操作侧升降门  
11—袋区通风装置 12—底层罩壁滑动门

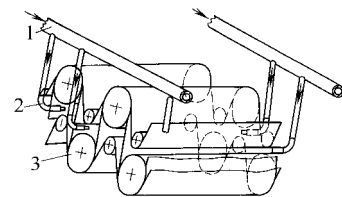


图 6-42 纸机袋区横向吹风装置

- 1—热风总管 2—热风喷嘴 3—烘缸

#### （二）干网热风导辊装置

干网热风导辊是安装在烘缸之间的导网辊位置上，即起导网辊作用，又起通风辊作用。从热风辊吹出的热风直接穿透干网而进入气袋内。由于干网的透气度大，穿透的热风所遇阻力小，因而热风压力较大，使气袋得以较好的通风。这种热风辊在国外被广泛使用，作为袋

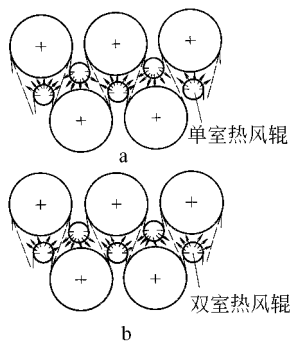


图 6-43 烘缸袋区吹风辊通风装置  
a—单室热风辊  
b—双室热风辊

区通风装置。它有单室和双室两种类型，如图 6-43 所示。单室的又称压力袋区热风辊，如图 6-43 所示。向接触的干网吹出热风。其缺点是袋区两端的空气溢流量无法控制和调节。最新改进的是一种双室热风辊，又称压力/真空热风辊，如图 6-43。第一室是提供可调节的压力热风；第二室产生真空，以便从袋区吸走湿空气。使用这种热风辊，既可调节所需的热空气量，又可分别调节排出的气流，使在袋区的气流达到平衡，消除了两端进出口处的流量变化。不仅使全幅纸页水分均匀，而且减少两侧纸边的抖动，改善了干燥部的运行性能。

单室热风辊的结构如图 6-44 所示。它由轴头、带纵向筋片的辊体、分配头、轴壳等组成。热风由两端的进风口通入，经分配头向被干网包围的区域吹热风，风量可在进风管的软管处的阀门进行调节。也有的热风辊可在其横幅宽度上根据纸幅水分横向分布来调节通风量。

热风温度  $90 \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，风压  $0.98 \sim 1.96\text{kPa}$ ，双室热风辊的真空室真空度约  $2.45\text{kPa}$ 。

### (三) 安装在气袋外面的通风装置

由于大透气度的干网的应用，便产生了安装在气袋外面的气袋通风装置，这样设置的袋通风装置被广泛采用，其主要特点是可以使袋区宽敞，且对于双干网的干燥部，通过通风装置向袋区的负压楔形区送入热风，使纸幅贴缸而加强蒸发和传质，对于单挂和单层干燥部，可以通过一特殊设计的吹风箱喷嘴喷出两股热风，其中一股在上方贴箱面诱导网后负压以平衡扩展楔形区负压，使纸幅贴网运行，另一股在下方由收敛楔形区吹入袋区。安装在气袋外面的通风装置主要是通风箱，它是利用诱导原理进行通风的。通风箱一般应满足下列要求：①足以使干网以均匀的干度和温度抵达下一烘缸；②具有可调节的横向风量分配装置，而不是在全幅宽上均匀地分配热风；③喷嘴的结构要能满足使用条件下的吹风方向要求。为此，热风被分成两部分。第一是较少的一部分热风，在整个吹风箱宽度上以均匀的低风速吹出；第二是较多的一部分热风，在吹风箱宽度上以短距离的分格加以调节。干网的透气度不能低于  $60\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ，所需的风量一般不大于  $550\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

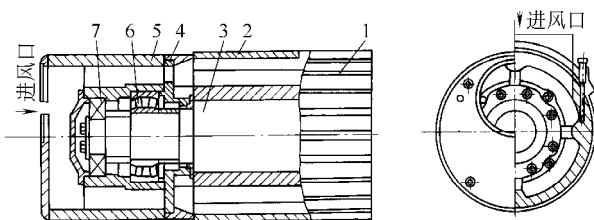


图 6-44 单室热风辊的结构

1—带筋片辊体 2—限幅环 3—轴头  
4—分配头 5—轴壳 6、7—轴承

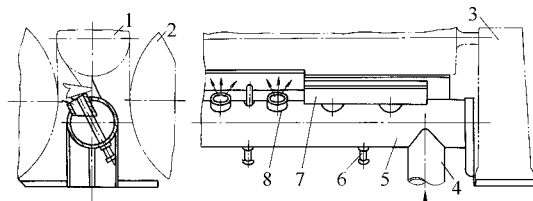


图 6-45 袋区通风装置例一

1—导移辊 2—下烘缸 3—操作侧机架 4—热风进口管  
5—热风管 6—热风喷嘴盖的起落机构  
7—热风喷嘴盖板 8—热风喷嘴

似，下面举几个在不同纸机上应用的实例。

#### 1. 同时具有纸边湿度控制和横向湿度校正的低压袋区通风装置

这种袋区通风装置的结构如图 6-45 所示。其结构特点是在热风管上焊有一排喷嘴，每

个热风喷嘴都设有盖板, 可根据袋区不同部位湿纸幅含水量的需要, 由喷嘴盖板的起落机构打开或关闭喷嘴, 以控制喷风量, 达到调节纸幅湿度的目的。这种通风装置主要用于各种双层烘缸双干网的多缸纸机的干燥部。安装在纸、网、缸分离处, 向袋区内吹热风, 风温 $90\sim 95^{\circ}\text{C}$ , 风压 $0.98\sim 2.94\text{kPa}$ 。

## 2. 适于国产 2362~3150mm 纸机的低压通风箱

结构如图 6-46 所示。截面呈矩形, 一般用 $2\sim 3\text{mm}$ 厚的铝板或铁板折角焊制。出风口略凸出, 分长缝和多孔型两种。缝宽 $5\text{mm}$ 左右, 长度与纸宽相同。孔型的孔径 $15\sim 20\text{mm}$ 。沿箱体长度方向上分成若干格进风道, 每格可分别调节进风量, 以保证均匀送风, 使纸幅在横向上均匀干燥。风温 $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ , 风压 $0.49\sim 0.98\text{kPa}$ 。安装位置同上。

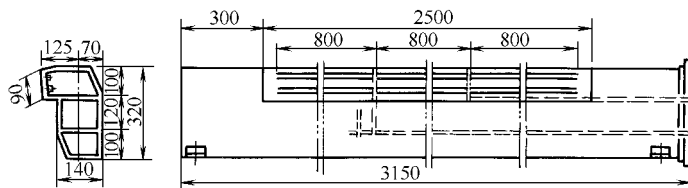


图 6-46 袋区通风装置例二

## 3. 适用于纸板的袋区通风箱

这种通风箱的结构如图 6-47 所示。喷风口采用缝式结构, 缝的内侧制成圆角过渡式以减小阻力损失, 缝口宽度可同纸种和所需风压有关, 一般为 $2\sim 3.5\text{mm}$ , 喷口风速在 $30\sim 45\text{m/s}$ 。在通风箱沿纸幅横向分成几个独立的通风室, 在每个风室入口设有风量调节风门, 风门采用机械或气动控制。通风箱在袋区内的精确位置要根据纸机车速等因素而定, 一般高速车速喷风方向应垂直于干网网面, 低速车速喷风方向可向干网运行方向倾斜一些, 其倾角一般不大于 $10^{\circ}$ 。可根据纸机干燥部具体情况, 通风箱可设计成单面或双面喷风等结构形式。一般采用单面喷风结构, 但在纸幅预热阶段采用双面喷风结构; 对于高速纸机应采用双面喷风结构。

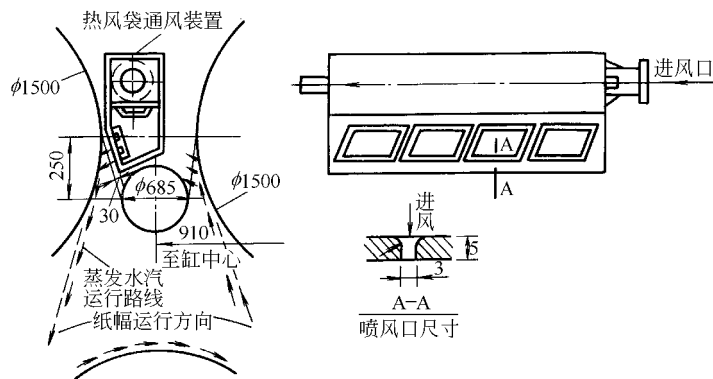


图 6-47 热风袋通风装置的位置与结构

## 4. 适于单排或单挂式干燥部的通风箱

这种通风箱是芬兰唯美德公司设计的最新式适于单排烘缸干燥的通风箱。从这种通风箱喷出的热风由于气流的诱导作用, 便在吹风箱和干网之间形成一个负压区, 这种负压将纸幅紧紧地吸附在干网上, 从而避免了纸幅的抖动、起皱和断纸, 且可降低纸幅的纵、横向伸长和收缩, 解决了高速纸机在运行中的难题。据介绍这种通风箱国内也可生产, 其结构原理可

见本章的“Opti 干燥装置”一节中。

#### 四、干燥过程的强化装置

用蒸汽加热的烘缸干燥纸幅的方法已经沿用了一百多年了。这是一种非常经济适用的干燥方式。为了改进运行性能，单干网和单排烘缸干燥部的使用越来越多，干燥部变得越来越长，为了缩短干燥部的长度，节约投资和不断提高纸机的抄速、降低能耗及成本，出现了许多强化干燥的新方法，如前述的凝结水排除系统的进展，袋区通风等。在此只介绍强化干燥的装置，而不是强化干燥的方法。

##### (一) 高速热风罩

高温高速热风罩是一种综合的运用了接触干燥和对流干燥的原理，来强化传质和传热效果的高效干燥装置。

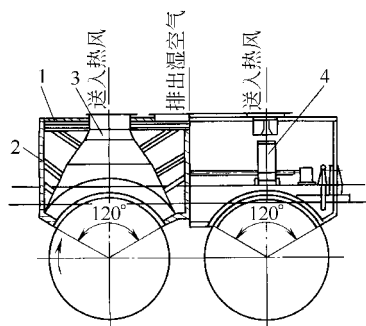


图 6-48 多缸纸机的高速热风罩结构

- 1—框架 2—隔热材料制成的罩板  
3—进风压力室 4—断纸及引纸时自动  
升降热风罩的气动装置

由于高速的热风吹喷，破坏了纸幅蒸发过程中形成的边界层，伴随着高速的热传递，纸幅中水分的蒸发强度剧烈地增加。其干燥纸幅的速度，比普通干燥部提高 4~6 倍。干燥的热效率达 85%~92%，极大的降低了干燥的总汽耗。

用于大烘缸的高速热风罩如图 6-49 所示。它沿纸幅行程和大缸圆周方向分成三段分别喷送热风，各段风温随纸幅的湿度减少而降低。如向纸幅湿度为 60%~65%的第一区吹送 300~400℃的热风，而向第二、三段吹送的热风温度分别为 220℃和 150℃左右。热风喷缝的宽度 0.6~0.7mm。加热热风的热源和废气的循环情况同多缸纸机上的高速热风罩。

热风罩由管件或型钢构成骨架，用铝板和其间的隔热材料制成外壳。内部装设鼓风机，如图 6-50 所示。在必要时亦可装入分段加热器。

在多烘缸纸机干燥部上使用的高速热风罩如图 6-48 所示。这种热风罩一般装在干燥部的前段，在这里纸幅内部水分向表面扩散充分，高速热风的喷吹不会影响到成纸的质量。

这种热风罩对烘缸的包角  $110^{\circ}\sim 120^{\circ}$ ，利用高压鼓风机将 150~400℃高温热风，通过 0.4~0.6mm 宽度的喷嘴以 50~100m/s 的高速垂直吹到烘缸表面湿纸上，喷嘴间距为 18~25mm，喷嘴与纸之间的距离，根据需要可在 3~13mm 范围内调整。

需要热风温度在 180℃以下时，可用高压蒸汽在加热器中加热空气，如果超过 180℃，则多用石油气或煤气燃烧炉产生热空气，经过滤后使用。从烘缸罩喷嘴间抽回的废气 10%排空，再补充 10%的新鲜空气循环使用。

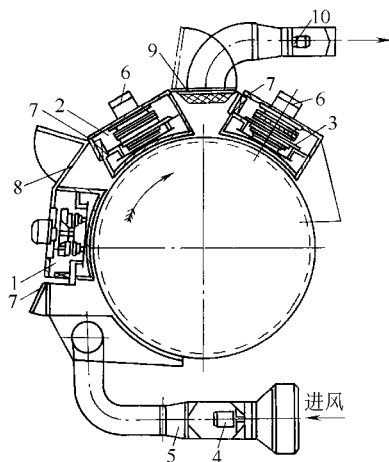


图 6-49 大烘缸用分段热风罩

- 1、2、3—分别为第一、二、三段热风  
4—进风机 5—新空气加热器 6—轴式鼓风机  
7—循环热风加热器 8—观察孔  
9—网式过滤器 10—排风机

## （二）穿透干燥装置

穿透干燥技术是近 20 年来发展起来的一种新型干燥技术，它是指在正压或负压下，热风穿透整个湿纸幅使纸中的水分被热空气带走，热空气是通过消耗了自身的显热来实现此干燥的，纸幅的两面温差为  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

穿透干燥可分为外向式干燥和内向式干燥，如图 6-51 所示。

外向式穿透干燥装置的结构如图 6-51a 所示，纸幅被干网压伏在表面多孔的穿透缸上，缸内通入热风温度最高可达  $250^{\circ}\text{C}$ ，风压  $8.5\text{kPa}$ ，以一定速度穿过纸幅和干网，将纸幅中的水分带走，干燥效率为  $80\sim 100\text{kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

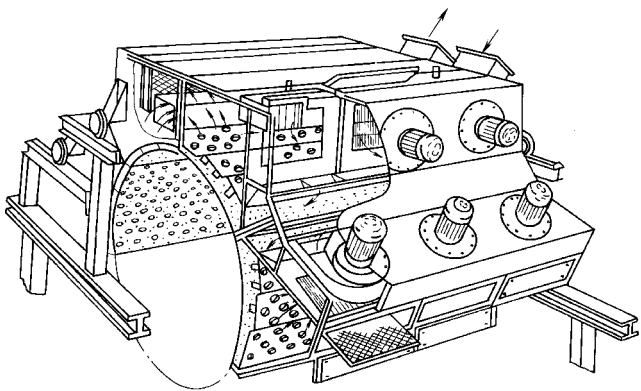


图 6-50 高速热风罩的结构

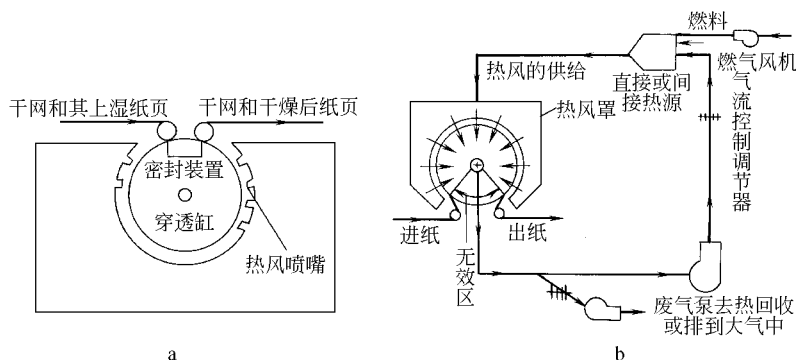


图 6-51 穿透干燥装置的结构

a—外向式穿透干燥装置 b—内向式穿透干燥装置

内向式穿透干燥装置及其热风循环系统如图 6-51b 所示，在这种干燥装置中，纸幅是受穿透缸内的真空抽吸作用，吸附在穿透缸表面上，因此不用干网压伏纸幅也可平稳运行，在穿透缸外设有高速风罩，高温热风经喷嘴高速喷出，并在穿透缸内的真空作用的抽吸下，穿透纸幅进行干燥，干燥效率比外向式还高，可达  $145\sim 170\text{kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，是普通烘缸的  $5\sim 10$  倍。干燥的热风温度最高达  $370^{\circ}\text{C}$ ，缸内的真空度通常为  $7.5\text{kPa}$ ，特殊设计可达  $25\text{kPa}$ 。

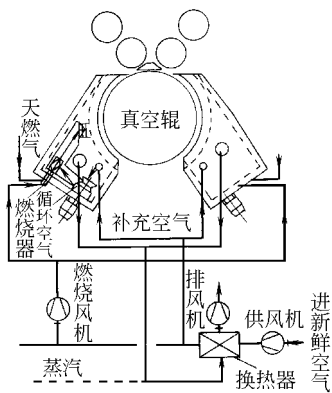


图 6-52 热风冲击式干燥装置

穿透缸表面开口为蜂巢形，开口的面积是整个穿透缸面的  $85\%\sim 90\%$ 。蜂巢形孔的大小和形状是根据干燥条件如：温度、真空度、网的拉力等来设计的，以便使穿透缸的强度满足生产的要求。

## （三）热风冲击式干燥装置

近年来，为了改进纸机的运行性能，高速纸机的干燥部一般都采用单层烘缸单干网布置，使干燥部变得越来越长。为了缩短干燥部的长度，节约投资，发展了一种新的干燥方法——热风冲击式干燥。用于单层烘缸的冲击式干燥装置如图 6-52



所示。从冲击式气罩来的热风高速、直接的吹到纸幅上，其热风速度可达  $90\sim 130\text{m/s}$ ，热风温度约为  $350^{\circ}\text{C}$ 。通过热风把纸幅中水分蒸发出来，而湿热空气被送到汽罩内的排风室进行再循环。使用这种热风冲击式干燥获得的干燥速率是烘缸干燥的许多倍。如热传导干燥速率为  $15\sim 30\text{ kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，而冲击式干燥速率为  $100\sim 150\text{ kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。从而使在同样生产能力下纸机的长度和厂房的长度都比其他干燥形式要短。

## 第五节 干燥装置的辅助设备

### 一、烘缸的传动和机架

多缸纸机干燥装置的传动形式有单缸传动和分组传动两种。在分组传动的纸机中，每一条干毯包绕若干个烘缸，上、下各一条干毯包含的烘缸便成一个传动组，但在一些高速纸机单层烘缸干燥部中和单挂式纸机中，每个传动组只有一条干毯。

纸幅在干燥过程中会发生收缩，使用粘状打浆的化学浆或破布浆时，纸幅收缩较大，可达  $8\%\sim 12\%$ ；采用含大量磨木浆等浆料时，纸幅的干燥收缩较小，一般为  $1.5\%\sim 3\%$ 。在实际生产中，由于干网紧压住纸幅，妨碍其收缩，并且纸幅受到一定的张力，所以纸幅纵向的实际收缩率较小，甚至有的纸种反而被拉长。

采用单烘缸传动形式时，每个烘缸的转速是可调的，相应地逐渐减慢各缸的转速时，可使纸幅在各烘缸之间均有收缩的可能性，能够得到优质的纸张。但这种单缸传动使纸机的结构大为复杂化，造价增加，只有在生产特种薄页纸和某些高级纸种的纸机上（如电容器纸、仿羊皮纸、照相纸等的纸机上）才采用。在这种传动形式中，传动的电机和减速箱是直接安装在烘缸的传动侧轴颈上。

在大部分造纸机上都采用分组传动，每组烘缸的个数是按所生产的纸种的特性来决定的。如电容器纸、卷烟纸、复写纸、吸油纸等一条干网包绕  $1\sim 2$  个烘缸，防油纸为  $2\sim 3$  个烘缸，1 号书写纸及印刷纸为  $4\sim 5$  个，2、3 号书写纸及印刷纸为  $5\sim 6$  个，纸袋纸干燥的前中部为  $6\sim 8$  个，后部为  $3\sim 4$  个烘缸，新闻纸为  $6\sim 9$  个烘缸。

分组传动可分为棋盘式和惰轮式两种结构形式。棋盘式的传动多用于旧式低速纸机上。它是在烘缸传动侧轴承外套一个模数为  $8\sim 10\text{mm}$  的大铸铁齿轮，齿轮直径比烘缸直径大。各个烘缸的齿轮棋盘式地相互依次啮合，钢质的传动小齿轮由电机和减速箱经过中间轴传动，与所属传动组的一个或两个下烘缸的大齿轮啮合。这种传动结构简单、造价低，但因齿轮直径太大，使断纸时积在烘缸刮刀上的损纸清除不便，且齿轮是敞开式的，润滑不良而易磨损。

在新式纸机上均使用惰轮式的封闭齿轮传动。如图 6-53 所示，在烘缸的轴颈上套有一个直径较小的传动齿轮，一般为  $950\text{mm}$  直径。下列烘缸的传动齿轮是通过惰轮相互啮接的。上列烘缸的传动齿轮是再通过惰轮与下列的齿轮啮接。位于传动组中部的一个惰轮是传动轮，它通过中间轴和减速箱连接。显然，此传动轮以及靠近它的各齿轮需要传递较大的功率。在车速小于  $400\text{m}/\text{min}$  的纸机上，此传动齿轮是钢制的，其余的齿轮则为铸铁的。在车速高于  $400\text{m}/\text{min}$  时，全部下排的齿轮都是钢制的，但上列烘缸的齿轮及其惰轮仍用铸铁制造。如果一个传动组内的烘缸数目在 8 个以内，下排齿轮中负荷较轻者也可以是铸铁的。惰轮传动的齿轮均装置在封闭的齿轮箱中，使用循环润滑。较旧式的惰轮传动上，齿轮箱和机

架是分开的（图 6-53a），较新的结构是把机架和齿轮箱合为一体（图 6-53 b）。这样可以缩小纸机的宽度，并便于烘缸传动侧轴承的更换。

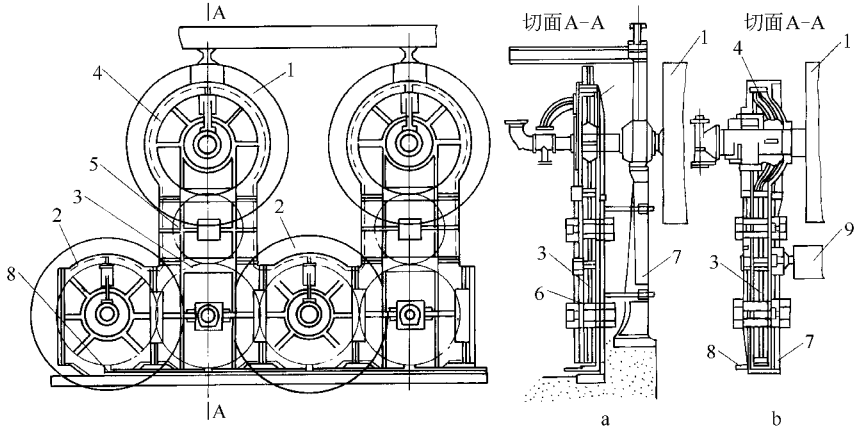


图 6-53 烘缸的惰轮传动

a—普通的 b—装在烘干部机架内的

1—烘缸 2—下烘缸齿轮 3—下排惰轮 4—上烘缸齿轮 5—中间齿轮  
6—齿轮箱 7—烘缸传动侧机架 8—循环润滑系统 9—导毯辊

在新式纸机中也采用斜列式惰轮传动，如图 6-54 所示，它具有较小直径的传动齿轮，惰轮增多，并作倾斜排列。这种传动形式的主要优点是缩小了机架箱体的面积，使干燥装置的传动侧有较宽敞的空气通路，有利于通风。此外，机架箱体没有直立的分界连接面，从而改进了箱体的密封性能，降低了对箱体加工精度的要求。

干燥装置操作侧机架，从外形看有对称和非对称两种形式。下列烘缸装在底轨上，上列烘缸装在距底轨高 1.7~1.8m 的主机架上。在主机架上装有铸造的上机架，其上装设烘毯缸及导毯辊。下烘缸及导毯辊是装在底层的型钢或焊接的横梁上。旧式纸机的机架截面多呈槽形。新式的干燥装置机架截面是箱形的。

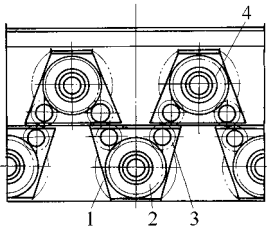


图 6-54 斜列式惰轮传动

1—烘缸 2—下烘缸齿轮  
3—惰轮 4—上烘缸齿轮

## 二、干燥装置的润滑系统

在新式纸机中，烘缸全部使用滚动轴承。由于烘缸升温时径向和轴向均会产生热膨胀，烘缸轴承要选用较大的间隙，并在操作侧预留轴承移动的位置。为了保证轴承的可靠工作条件和必要的冷却，当纸机车速达到 250m/min 以上时，干燥装置均采用循环润滑系统。在高速纸机上，循环润滑系统也供油给惰轮传动的齿轮及轴承、压光辊及卷纸缸轴承、导网辊轴承等。其余辊筒一般都用间歇润滑。

纸机干燥装置的循环润滑系统的组成如图 6-55 所示。通常装设 2~3 台输油泵，其中一台是备用泵。用安全阀保持输油管中的压力为 0.2~0.3MPa。为了净化 and 冷却润滑油，在输油泵和送油总管之间装有滤油器、分油器和冷却器。油的流量少时可用金属网滤油器；油的流量较大时多用离心式滤油器。有时也采用盘式自净滤油器。由送油总管送去各润滑点的油量，通常是用装在润滑点附近的可调注油器的针形阀来调节的，同时可直视地观察各润滑点的油滴大小。油从轴承及减速器流出时，应在轴承壳及减速器内保持一定的油位，使它们

在关闭循环润滑系统时，还能工作一段时间。回油管的装设要有一定坡度使油靠重力流回油箱。

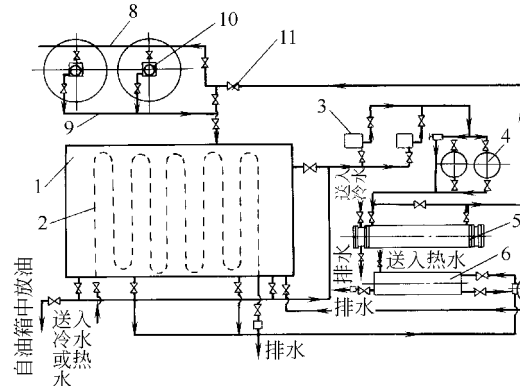


图 6-55 干燥装置的循环润滑系统

- 1—油箱 2—加热及冷却油箱内储油的蛇管 3—输油泵
- 4—盘式自净滤油器 5—油冷却器 6—油加热器
- 7—分油器 8—总送油管 9—总回油管
- 10—轴承 11—阀门

为了正常运转，循环润滑系统中的总油量应是送入各润滑点每分钟油量的 30~50 倍。幅宽 4m 左右造纸机的循环润滑系统的油量通常为 10~15t。循环润滑系统应配备相应的控制仪表，首先是油温的测定和控制仪表。当润滑油的温度超过规定温度，备用油泵就自动启动，如果油温还是不降低，则先是发出灯光信号，继之是声响信号，而在 10~15min 后纸机的主电机便自动关停。

### 三、干燥装置的引纸装置

干燥装置的引纸装置包括从压榨部将湿纸幅引到干燥部和从干燥装置之间的引纸。随着纸机车速的不断提高，引纸的方法或装置也在不断改进。在车速低于 200m/min 的低

速纸机中，一般采用人工引纸的方法。即由操作工人将湿纸条从一道压榨送递到另一道压榨，然后送递到干燥部的第一个烘缸上，最后借助于压缩空气喷嘴将纸条逐个送递到各个烘缸上通过干燥部，这种引纸方式烦琐，工人劳动强度大，且危险。人工引纸时，干燥部的第一个烘缸必须是下缸，以便于自压榨部向干燥部引纸。

在纸机车速较高时，人工引纸十分困难。比较普遍采用引纸绳引纸。用引纸绳引纸时，要在烘缸操作侧距缸边约 50mm 处设一沟槽。两条直径 6~12mm 的棉织或尼龙的无端绳索，沿沟槽依次包绕一组烘缸，如图 6-56 所示。由网部切取的宽 100mm 左右的引纸用纸条，在压榨后用手工拨到或用压缩空气吹到两引纸绳之间，便被夹持于两引纸绳之间引上烘缸。干燥装置各传动组的速度不同，所以每组均有一套引纸绳装置。从一组引纸绳到下一组

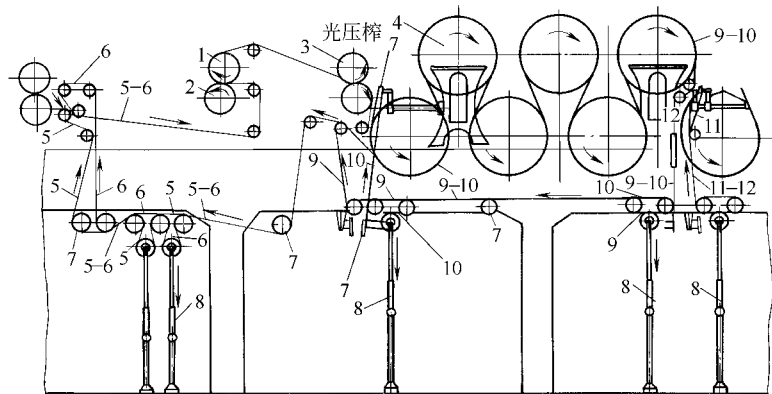


图 6-56 绳索自动引纸装置

- 1—压榨上辊 2—压榨下辊 3—光压榨 4—烘缸 5—压榨部的第一引纸绳
- 6—压榨部的第二引纸绳 7—铅直绳轮 8—重锤紧绳器 9—第一组烘缸第一引纸绳
- 10—第一组烘缸第二引纸绳 11—第二组烘缸第一引纸绳 12—第二组烘缸第二引纸绳

引纸绳时，引纸的纸条是自动传递的。引纸成功后，用网部水针展宽纸条到全幅的宽度。引纸绳通过烘缸后的回程上，用绳轮导向，并设置重锤式的紧绳器。

在新式的纸机上，引纸绳被延伸到压榨部，使压榨部的引纸与干燥部联系起来。

虽然仅在引纸操作的短时间内才需要使用引纸绳，但在一般的绳索引纸装置上，引纸绳总是随烘缸运行，一直受到磨损。不仅会使引纸绳寿命下降，且会时常因断绳致使纸机停机。在新式纸机中，使用特殊结构的绳轮，其结构如图 6-57 所示，使引纸绳仅仅在引纸操作时才运行。这种绳轮是通过滚动轴承装置在烘缸操作侧的轴头上。纸机正常运行时，绳轮不随烘缸转动，引纸绳也不动。当发生断纸时，装置在一个或几个绳轮上的气动膜片机构自动启动，使绳轮被紧压在烘缸端面上而开始随烘缸转动，从而带动引纸绳运行。引纸完成后，引纸绳也自动停止运行。使用这样的结构时，由于引纸绳工作时间短不需要按传动组来设置，引纸绳可以贯通整个干燥部或仅分成两组，便于引纸操作，并使引纸绳使用寿命显著延长。

自 20 世纪 90 年代以后，纸机的最高车速已达 1900m/min，为了防止湿纸幅在上、下烘缸袋区的无承托引纸，因纸页运行不稳定而易造成断纸，影响正常抄造，国外在高速纸机上广泛采用单层烘缸布置，使纸幅在全部承托状态下通过整个干燥部。由于无需靠纸幅自身张力来维持纸幅的稳定性，完全避免了气流引起的抖动，从而消灭了断纸；可以实现无引纸绳引纸，大大简化了设备。这种全单干网配置的多缸干燥装置的无绳自动引纸过程如下：

在压榨部和干燥部间湿纸幅的传递：由于压榨部和烘缸的几何结构，在压榨部和干燥部之间通常有一段较长的无承托的纸页运行区。在这个位置，纸页水分高，相对比较脆弱，最容易因高牵引力而引起断纸。为此，可将第一组干网的转向辊尽量靠近最后一个压榨辊，使纸页只经过一个极短距离的无承托段，就到达干网的底面，而且用特制的吹风箱在干网底面造成一个抽吸力，使纸页紧紧平贴到干网上，如图 6-58 所示。采用这种方法可使纸页开式引纸降到最小，断纸少，生产效率高。

在干燥装置之间纸页的传递：在烘缸之间纸页的传递是通过 SymRun HS 型风箱和真空辊所产生的负压，使纸幅紧紧平贴在干网上而得以传递，如图 6-59 所示。

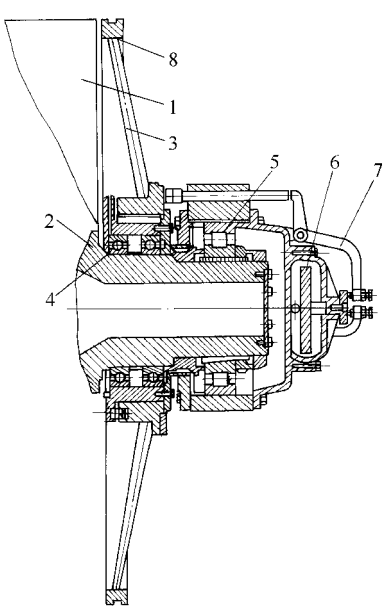


图 6-57 绳轮的气动启动装置  
1—烘缸 2—烘缸轴头 3—绳轮  
4—绳轮轴承 5—烘缸轴承 6—膜片  
7—使绳轮压向烘缸的杠杆  
8—夹铁丝的帆毯垫圈

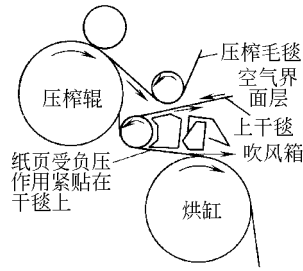


图 6-58 低牵引力压榨部纸幅的传递

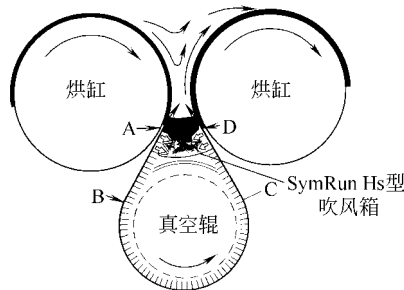


图 6-59 在烘缸之间纸幅的传递

在两段之间纸页的传递可以采用以下几种方法：①干网要采用顶部运行，使用具有“粘舔”传递器的方法在两段之间传递纸页，如图 6-60 所示，由于纸页是无牵引传递，抄速达

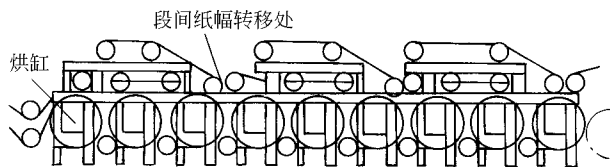


图 6-60 纸幅在两段烘缸之间的传递

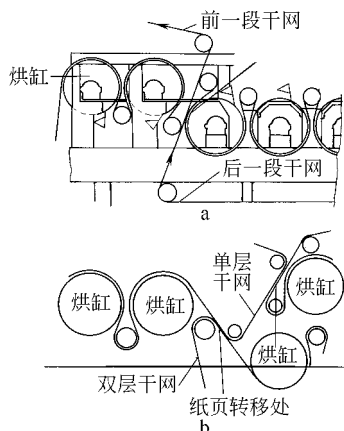


图 6-61 纸幅在上下单层烘缸及单层与双层段间的传递

a—纸幅在上下单层烘缸间的传递  
b—纸幅在单层与双层烘缸间的传递

1340m/min 时仍能正常运行；②在单层上运行和下运行干燥组之间及单层和普通双层烘缸干燥组之间纸页的传递是用双干网来完成的，纸页在离开前一段最后一个真空辊时，是被夹持在两干网之间，以便达到传递到下一干网上，再引入到下一段真空辊上，如图 6-61 所示。

## 四、干网校正器和张紧装置

### （一）干网校正器

在多缸纸机干燥装置中，为了防止纸幅被拉断、飘动和产生皱折以及传递纸页、改善传热等作用，一般均需用织物把纸页包在烘缸上，最早所用的织物是羊毛制成的毛毯，后又改为帆布，由于其透气性差，寿命短等原因，毛毯已被淘汰，而帆布一般只在要求纸幅两面平滑度均较高的文化用纸等纸种的纸机中，在干燥的初始段时有采用外，基本上都是用透气性好的干网。所以本节主要介绍干网校正装置，包括帆布校正装置。

干网校正装置的工作原理与纸机网部的校正器完全一样。干网校正装置有手动和自动两种，手动主要作为备用和辅助校正器用，自动又有机械式和气动式两种。

#### 1. 机械式自动干网校正装置

（1）挡轮式干网自动校正器：挡轮式干网自动校正器在国内的中小型纸机上被广泛采用。在校正器两侧各有角尺形的水平支杆，支杆可在水平平面内绕直立轴回转，其一端装有校正辊的轴承，另一端装有挡轮，干网在挡轮中通过，当干网跑偏时，一侧挡轮即被推动而使校正辊亦相应地有一端移动，从而产生校正作用。

（2）悬臂式自动干网校正装置：这种校正器有时也称为摆式、重锤式校正器等。其结构形式如图 6-62 所示。校正辊的一端悬挂在操作侧或传动侧的一根垂直拉杆上，在距校正辊 1.2~1.5m 处设有另一根干网辊，干网辊的一端（与校正辊悬挂着的一端对应）的轴头上安装一个活动锥轮，其直径与校正辊直径相同。锥轮上卷有钢丝绳，并通过杠杆系统与校正辊相连。正常运行时干网位于干网辊上，锥轮不动。如干网一跑偏，则锥轮将由干网带动而回转，将钢丝绳卷起，通过杠杆系统使校正辊的轴承向前移动，于是校正辊不再与其他辊子平行，产生校正作用，使干网被迫回到正常运行位置。干网立即离开锥轮，平衡弹簧又将校正辊拉回到原来的位置。这种校正装置只能作一边校正，为了防止干网跑过另一边，必须在同一组干网上装设另一组相反的校正器。另外人工拉动杠杆左右移动导网辊一端，也可以起到人工校正作用。

#### 2. 气动自动干网校正装置

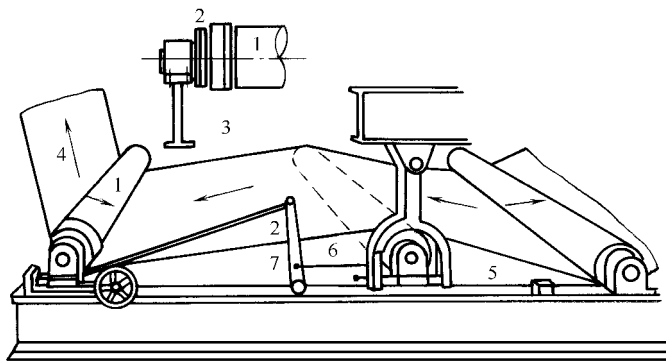


图 6-62 悬臂式自动干网校正装置

1—干毯辊 2—钢丝绳 3—锥轮 4—干毯 5—弹簧 6—校正辊 7—杠杆

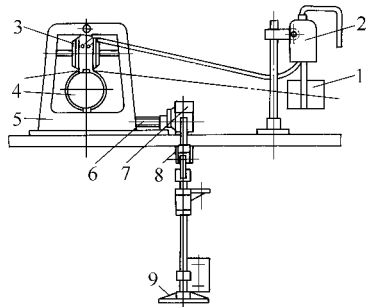


图 6-63 气动干网自动校正装置

1—挡板 2—控制阀 3—膜片式执行机构  
4—校正辊轴承座 5—支架 6—螺杆 7—齿轮箱  
8—万向联轴节 9—校正器手动调节手轮

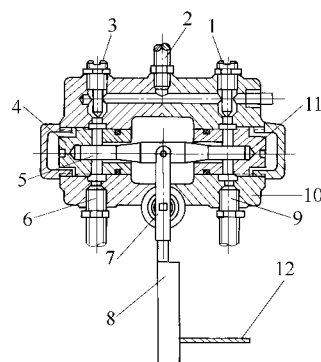


图 6-64 校正器的控制阀

1—调节针阀 2—压缩空气进口管 3—调节针阀  
4—阀套 5—阀杆 6—压缩空气出口管  
7—卷弹簧 8—小挡板 9—压缩空气出口管  
10—阀体 11—阀套 12—干网

气动自动干网校正装置是目前纸机中干网校正普遍采用的一种校正装置，其结构形式有多种，图 6-63 所示为其中一种常用的结构形式。传感器是一个装设在干网操作侧的一个小挡板。挡板始终与干网边缘相接触。当干网跑偏时，挡板被推向往里或往外的一侧，从而带动压缩空气控制阀的阀杆，如图 6-64，使阀杆某一侧的圆锥部分与阀套之间的空隙变大或变小，改变通往执行机构的空气量。执行机构装有气动膜片，如图 6-65 所示，通往空气腔的空气量发生变化时，两个空气室的压力平衡被破坏，使校正辊轴承水平移动位置，达到校正作用。

采用气动自动干网校正器要注意压缩空气的压力不能太大，一般需减压到 0.2~0.3MPa，再经干燥器和过滤器，使压缩空气不含水分，以保证进调节阀的压缩空气干净，避免阀门被杂质卡住或被水锈蚀，影响阀门正常工作。

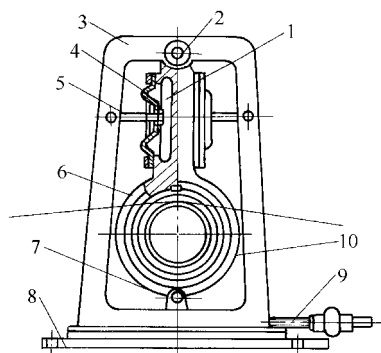


图 6-65 校正辊的气动装置

1—空气腔 2—销轴 3—支架  
4—橡皮膜片 5—支承杆 6—轴承壳  
7—插销（仅运用手动校正时使用）  
8—导轨 9—螺杆 10—校正辊

## （二）干网张紧装置

干网在正常生产中，需要承受  $0.15 \sim 0.2 \text{ MPa}$  的张力，使其产生伸长，为了维持张力稳定需要张紧，而在停机和安装时又需要放松，所以在干燥装置中需要设置干网张紧装置。目前，纸机上的干网张紧装置多用自动干网张紧装置。有重锤式和液压式两种。

重锤式干网自动张紧装置的结构如图 6-66 所示。张紧辊是水平装设在可沿导轨移动的滑车上，为了便于在换干网时使张紧辊回复原来位置，重锤应能轻便地被提升起来，同时也应使张紧装置在必要时有可能单边移动。干网的张力是用重锤通过链条传动而产生的，如图 6-67 所示，其工作过程是：转鼓 8 受到重锤的作用力，通过内齿轮 7、摇杆 5 传递到轴 1 上。经过齿轮的适当传动和放大后的重锤的作用力由固定在轴上的链轮 9 传递到张紧辊上。与此同时，轴 1 受到的作用力通过另一侧的摇杆 16、齿轮 15 和内齿轮 14 传递到转鼓 13 上。链轮 12 和转鼓 13 是焊接在一起的，所以链轮 12 和链轮 9 是同时受到重锤的作用，使干网的两侧同时张紧。

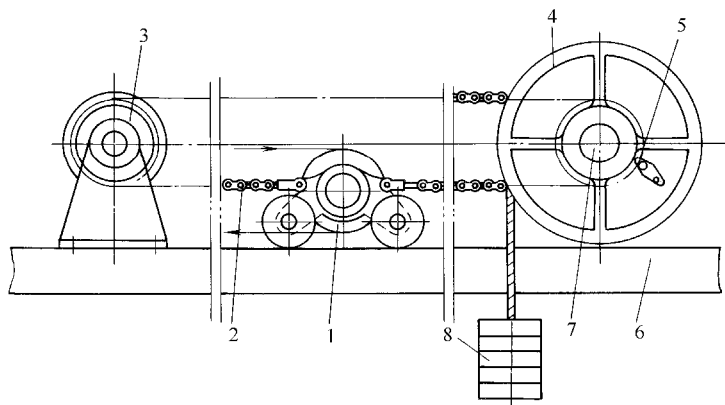


图 6-66 重锤式干网自动张紧装置

1—张紧辊 2—链条 3—链轮 4—传动侧手轮 5—棘轮制子  
6—导轨 7—通向操作侧的轴 8—重锤

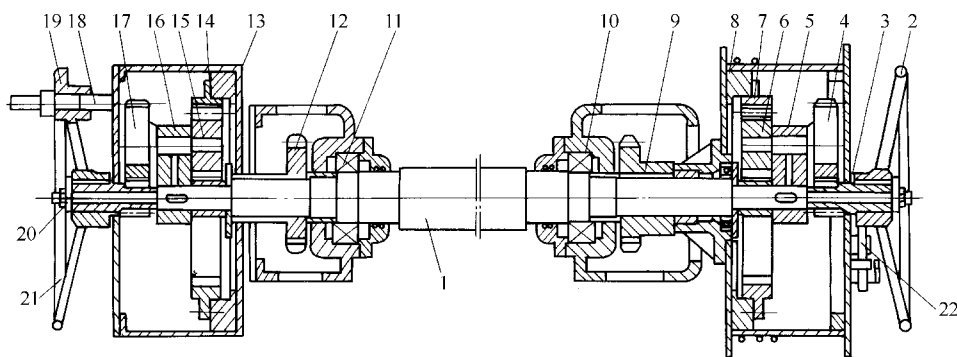


图 6-67 张紧器的传动机构

1—通轴 2—手轮 3—套筒齿轮 4—齿轮轴 5—摇杆 6—小齿轮 7—内齿轮  
8—转鼓 9—链轮 10、11—轴承 12—链轮 13—转鼓 14—内齿轮 15—小齿轮  
16—摇杆 17—齿轮轴 18—销子 19—手轮 20—齿轮套筒 21—键 22—棘轮制子

如果把销子 18 拉离转鼓 13，则由轴 1 传递来的作用力，因通过齿轮 17 和 20 传递到可以转动的手轮 19 上，而不能通过摇杆 16 同上述一样地传递到转鼓 13 上。所以转动手轮 19

时,通过齿轮 20、17(摇杆 16 和轴 1 不动)、15 和转鼓 13,便能转动链轮 12,从而可以单边张紧或放松干网。

手轮 2 上有棘轮机构 22,只能单向旋转。转动手轮 2 时,通过套筒齿轮 3、齿轮 4、6 和内齿轮 7,便可以使转鼓 8 转动。

在新式纸上也有采用液压传动干网自动张紧装置,其结构如图 6-68 所示。这种张紧装置工作过程比较简单,通过液压缸活塞的移动带动齿条移动,通过中间齿轮使链轮转动,从而通过滚子链使张紧辊移动而起张紧作用。为了缩短压力缸活塞杆的行程,设置有适当传动比的中间齿轮传动。

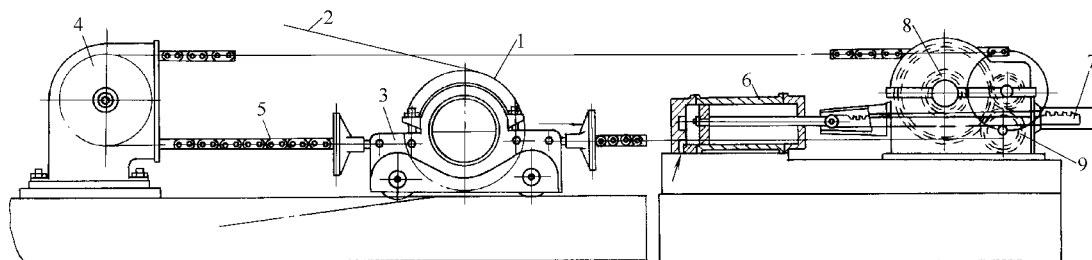


图 6-68 液压传动干网自动张紧装置

1—张紧辊 2—干网 3—滑车 4—链轮 5—滚子链 6—液压缸 7—齿条 8—齿轮 9—中间齿轮传动

## 参 考 文 献

1. 胡楠主编. 轻工业技术装备手册. 第一卷第二篇. 北京: 机械工业出版社, 1995
2. 隆言泉 主编. 造纸原理与工程. 北京: 中国轻工业出版社, 1994
3. 石墨久三郎 著. 最新造纸技术的理论与实践. 北京: 轻工业出版社, 1989
4. G. A. 斯穆克 著. 曹邦威译. 制浆造纸工程大全. 北京: 中国轻工业出版社, 2001
5. 李策 等编. 造纸网及其使用与维护. 北京: 中国轻工业出版社, 1994
6. 桐兴良三 编. 干燥装置手册. 上海: 上海科技出版社, 1983
7. Markku Karlsson, Metso Oyi; Papermaking Part 2. Drying
8. San Palazzolo; No-draw drying September Tappi Journal
9. Antti Kuhasalo; Solutions for the three phases of paper Drying
10. PAUL CAPOZZI, PAUL MASINI, AND MAURO POZZATO; TAPPI JOURNAL FEBRUARY 2001
11. WLODZIMIERZ KAWKA; TAPPI JOURNAL FEBRUARY 2001
12. STEPHEN U. S. CHOI; TAPPI JOURNAL
13. Valmet Paper Technology Drys
14. 潘福池. 纸浆造纸工艺基本理论与应用. 大连: 大连理工大学出版社, 1991
15. 华南工学院, 天津轻工学院合编. 纸浆造纸机械与设备. 北京: 轻工业出版社, 1981



## 第七章 压光机与卷纸机

### 第一节 压光机概述

大多数造纸机或纸板机在烘干部之后，配置纸机压光机。生产某些纸种时，在造纸机之外还需配置超级压光机。随着纸幅或纸板质量和产量的不断提高，现在还在造纸机或纸板机的烘干部之后，配置光泽压光机，软辊压光机或超级软压光机。超级压光机的技术又有很大的进步。

压光机起两个主要作用：一是整饰，提高纸幅的平滑度、光泽度和紧度，或者提高平滑度、光泽度的同时又能保持松厚度，即紧度提高得很少；二是校正纸幅的厚度，或保持均匀的紧度。压光后的纸幅裂断长会增加而耐折次数会降低。

#### 一、压光机工作机理及影响压光效果的主要因素

纸幅的压光质量既取决于它在压光前的各工序因素，如纸浆的配比、打浆度和纸幅水分等。也取决于压光机的操作和结构因素，如线压力、辊筒温度及其辊面粗糙度、压区数、纸幅水分、时间等。

##### （一）线压力

线压力是决定纸幅紧度、平滑度和光泽度的主要因素。一般来说，线压力越大，纸幅的紧度越大，平滑度和光泽度越高。实验表明，在高线压下经过一道压光便能使紧度和光泽度大为提高。例如，在线压力  $160\text{kN/m}$  下通过一个压区所提高的光泽度，相当于在  $90\text{kN/m}$  的线压力下通过 6 个压区的效果。

##### （二）温度

使用加热的压光辊对提高紧度有较大的影响。即使纸幅仅仅通过加热的压区一次，也足以使纸幅受热变软而可达到同高线压和多压区条件下对提高紧度的相同效果。使用加热压光辊对提高平滑度也是重要的。实验表明，温度与压区数目对提高紧度和平滑度具有等效作用。根据这个结论，压光机有朝减少辊数的方向发展。如在高级纸、牛皮纸和纸袋纸等纸种可采用双辊压光机，但对配有磨木浆的纸种如新闻纸仍必须采用多辊压光机，现在发展采用软辊压光机。

温度对光泽度有较大的影响，用加热压光辊时，即使线压力较低，纸幅的光泽度也比用较高线压力或多压区达到的光泽度为高。为此，近年来的压光机已陆续采用往辊内送循环水加热辊筒的加热/冷却系统，调节水温便能改变压光辊温度。

##### （三）压区数

一定数目的压光辊，其压区的数目是一定的。如果不装设加压机构，压区数也决定了线压力。从实验得知，压区的数目与平滑度有正比的关系，压区越多，平滑度越高；压区的数目对紧度稍有影响。

压区多辊数多时，纸幅的伸长率也要增加，导致围绕着辊筒的纸幅松弛，增加纸幅压出

褶子的可能性。显然，辊数增加，在压光机引纸亦相应地较为困难。

#### （四）水分

压光的效果随纸幅水分含量的增加而增加，因为水分多时，纤维的可塑性较大。和在低水分条件下压光的纸比较起来，在高水分条件下压光的纸幅通常具有较高的强度、紧度、光泽度及对油的阻力，但其亮度及不透明度较低。水分含量过高的纸不可过分压光，因为过分压光会使纸面发黑。纸在进入压光机时通常含水分 6.0%~8.0%。水分低于这个范围会引起卷曲。但由于纸幅水分的不均匀性，即使在这个范围里，局部过大的水分已经出现了发黑，所以实际的平均水分要比这个范围为低。为了增加纸幅在压光时的水分含量，纸幅在进入压光机前通常经过冷缸，使大气中的水分凝结在纸幅的表面上。

#### （五）时间

纸幅在压光压区内停留时间的长短，也会影响纸幅压光整饰的效果。压光机车速的高低，压区变形的宽度和压区的数量，都直接影响到纸幅在压区内停留的时间。同样的条件，由于软压区变形宽度比硬压区为大，所以前者纸幅的压光整饰效果则优于后者（如软压区宽度可达 5~10mm，为硬压区的 5~8 倍）。

要实现压光机的整饰和校厚的作用，可以采用不同的压光方法，也就是不同的线压力、不同的辊数和不同的辊筒温度的组合。然而，在任何一种特定的设备条件下，可以采用的压光方法是有限的。要求压光机起整饰作用时，过去一般是用多压区来实现，而现在则用单压区、加热压光辊的方法来实现，这样，单压区或者较少压区、加热压光辊的压光方法就有可能减少辊数和降低线压力，节省压光费用，并且有可能减少化学浆的配比。要求在压光机起校厚作用时，可以利用局部加热或冷却辊筒的方法，其效果显著。

## 二、压光机的分类

### （一）按一个压区中一对压辊辊面的相对硬度来分

- （1）硬压区——如纸机压光机、半干压光机等。
- （2）软压区——光泽压光机、超级压光机、软辊压光机、超级软压光机等。

### （二）按装设的部位分

- （1）纸机压光机——装设于造纸机或纸板机内的烘干部之后。
- （2）半干压光机——装设于造纸机或纸板机的烘干部中。
- （3）超级压光机——装设于造纸机或涂布机的机外。
- （4）光泽压光机——装设于涂布纸板机的涂布站的烘干部后。
- （5）软辊压光机——装设于造纸机或纸板机的烘干部之后，但也有装设在它们的机外。
- （6）超级软压光机——装设于造纸机或涂布机内的涂布站的烘干部之后。

### （三）按整饰的功能分

（1）纸机压光机，半干压光机。对纸幅或纸板的平滑度、光泽度等物理性能，只能进行低层次的整饰。由于压区宽度窄，压区较多，其压光过程对纸幅的强度、挺度、不透明度及环压强度等影响较大。获得均匀的厚度，但它们的紧度是不均匀的，导致印刷油墨在紧度不同区域产生不同的吸墨性，从而影响了印刷性能。半干压光机使半干的纸幅提高紧度，纸面更平滑，使得在烘缸上贴缸更紧密，改进了传热效率和纸面的平滑程度。

（2）光泽压光机。主要用于整饰涂布纸板的平滑度、光泽度等物理性能。达到涂布纸板较低的整饰程度，紧度提高较少，能保持其松厚度。

(3) 超级压光机。对纸幅的光泽度、平滑度和粗糙度能达到非常高的整饰程度。多用于铜版纸、轻涂纸的整饰。对要求紧度的电容器纸、半透明纸，则是提高其紧度，并使纸幅提高透明度（此时的纸粕辊要求采用硬度较大的全棉浆或石棉的纸粕辊）。

(4) 软辊压光机。一般采用轻涂纸和不涂布纸，对平滑度、光泽度、粗糙度的整饰程度要比纸机压光机高，但比超级压光机差。

(5) 超级软压光机。具有软辊压光机的在线运行优点，压光整饰效果好，达到超级压光机近似或相同的效果。

硬压区与软压区对纸幅的压光影响如表 7-1 所示。

表 7-1 硬软压区对纸张的压光影响

| 纸张的物理性能    | 硬压区压光 | 软压区压光 |
|------------|-------|-------|
| 平滑度        | 较低    | 很高    |
| 光泽度        | 较低    | 很高    |
| 印刷光泽度      | 较低    | 很高    |
| 纸的紧度/Bulk  | 较差的均匀 | 良好的均匀 |
| 花斑         | 较差的均匀 | 良好的均匀 |
| 油墨紧度       | 较差的均匀 | 良好的均匀 |
| 不透明度       | 相同    | 好     |
| 亮度         | 相同    | 好     |
| 掉毛         | 较重    | 较轻    |
| 抗张强度/撕裂度特性 | 较低    | 较高    |
| 印刷车间运行性能   | 很差    | 很好    |
| 适印性        | 合格    | 很好    |
| 两面性        | 不可能影响 | 可以影响  |
| 允许水分含量     | 低     | 高     |
| 黑道的产生率     | 高     | 非常低   |
| 比压力        | 较高    | 较低    |

## 第二节 压光机的主要部件

### 一、冷 铸 辊

压光辊通常是将辊体与轴颈铸成一体的。当纸机压光机幅宽大于 5000mm 时，开始使用具有压配合钢轴颈的冷硬铸铁辊。对线压较大的软辊压光机，或不是可控中高辊线压较大的超级压光机的顶、底辊，用压配合钢轴颈或压配合的钢质通长轴颈而外层是冷硬铸铁的双层辊。可控中高辊的辊体也是冷硬铸铁的，而芯轴则是钢质的。

压光辊的辊体工作部分是在金属铸模中铸造的。由于铸造时熔融铁水的热量被金属模急剧地吸收，使辊体的工作表面生成一层厚 10～20mm，具有很高耐磨性的冷硬层。其轴颈部位在铸造中不需冷硬处理，否则将会增大轴颈的脆性。这种铸造压辊称为“冷铸辊”

(Chilled roll)。它的主要成分为铁、碳、锰、硫、硅、磷以及铬，根据实际需要还可以加镍。决定冷铸辊的性质，关键在碳的含量和材质的化学结构。冷硬层的成分为碳化铁，硬度高，耐磨性也很好，但它的机械强度和韧性均很差，故要限制这一碳化层的厚度。

传统的压光辊组的辊筒承受自重产生的均布载荷和施加在顶辊轴承壳上的外加载荷，因而其底辊和顶辊产生挠曲变形，在底辊和顶辊的中部产生最大挠度。

底辊中部截面上的最大挠度为

$$f = \frac{Fb^2(12L-7b)}{384EJ} \text{ (cm)} \quad (7-1)$$

式中  $f$  ——压光辊底辊中部挠度，cm

$L$  ——压光辊底辊轴承中心距离，cm

$b$  ——压光辊底辊辊面宽度，cm

$F$  ——作用在底辊辊面全宽上的力，kN

顶辊上无外加压力时为压光辊组全部辊筒包括底辊在内的自重，有外加压力时还要加上外加压力。

$E$  ——底辊弹性模量， $E = E_1 + E_2$

$E_1$  ——冷硬层弹性模量，通常取  $1.4 \times 10^5$  MPa

$E_2$  ——冷硬层内辊体材料的弹性模量，通常按灰铸铁取为  $1.05 \times 10^5$  MPa

$J$  ——底辊的惯性矩， $J = J_1 + J_2$

$J_1$  ——冷硬层惯性矩， $J_1 = \frac{\pi}{64} [D^4 - (D-2\delta)^4]$ ， $\text{cm}^4$

$D$  ——底辊外径，cm

$J_2$  ——冷硬层内辊体的惯性矩， $J_2 = \frac{\pi}{64} (D-2\delta)^4$ ， $\text{cm}^4$

$\delta$  ——冷硬层厚度，cm

在计算顶辊挠度时，上式中的  $F$  用附加外压力取代，而  $E$  及  $J$  均用顶辊的相应数据代入。

为了使压光辊组在受压力后仍能使各辊面间紧密接触，使有均布的辊间线压，所以必须将底辊及顶辊按变形情况使其中部直径比两端大些，这增大部分的直径增量，称为中高。压光辊组没有外加压力时，辊组中只有底辊有中高；而在顶辊轴承壳受到外加压力时，则顶辊也应有中高。底辊和顶辊的中高量  $K$  各为其最大挠度  $f$  的一倍。

$$K = 2f \text{ (cm)}$$

也有的制造厂商把底辊或顶辊中高量的  $10\% \sim 15\%$  分配给与它相接触的压光辊或辊组中全部辊筒。在硬压区压光辊的中高正确与否，对纸张全幅宽度整饰的均匀性，有着很重要的关系。但由于计算时与实际情况的误差和工作线压的变化，计算出的中高值与实际情况有误差，应进行修正。

## 二、热 辊

在纸机压光机、超级压光机、软辊压光机和超级软压光机中均采用热辊。热辊在最初是通入蒸汽或热水的轴心有小通孔的冷铸辊，但辊面温度分布很不均匀，使用效果不理想。现在常见的热辊结构如图 7-1 所示。加热辊面的介质为热水或热油，水或油在辊外以电或蒸汽加热，并用泵加压输送进行循环，全部借自动控制系统操纵。常见的热辊有两种形式：

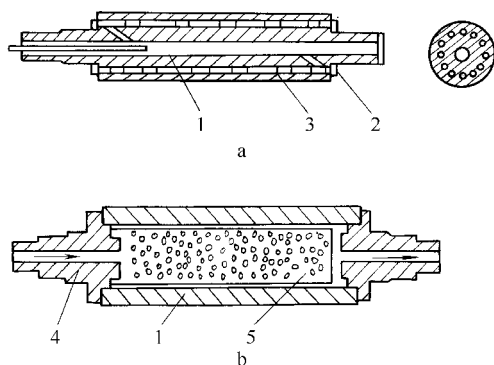


图 7-1 热辊

a—多孔热辊 b—内胆热辊

1—辊体 2—端盖 3—轴头 4—辊盖轴头 5—不锈钢中空芯胎

### 1. 多孔热辊

在冷硬铸铁辊体内壁，沿辊面轴向钻有同心的若干小径孔，每相邻二或三孔组成一个热介质的通路，又通过轴端盖上的直孔或轴体端面上的斜孔，与热辊的中心孔相通，使热介质与热辊轴端部的旋转接头的进、出口相连通，成为热介质的加热循环回路。

### 2. 内胆热辊

中空冷铸辊体内，固定有用不锈钢制成的筒状内胆，与固定辊体两端的连轴颈的端盖上的中心孔相通，组成热介质的加热循环回路。

## 三、加压机构及释压机构

加压机构采用重锤杠杆形式、气动和液压杠杆形式，以产生底辊以上各辊自重不足的线压力。重锤杠杆式仅采用于老式结构的压光机，气动杠杆式用于窄幅或低线压力的压光机，而液压杠杆式采用在宽幅或高线压力的压光机。为了消除由于中间辊的轴承、轴承座和刮刀及其轴承座而引起的不均匀线压力，或者为了平衡中间辊的质量使各压区之间有相同的线压力，而设有中间辊的压区释压机构如图 7-2。由于前者所产生的不均匀线压力并不能因底辊采用了可控中高辊而被抵消，所以在高档纸的整饰压光机中（包括超级压光机、超级软压光机中），中间辊的释压机构和可控中高底辊是同时被采用的。

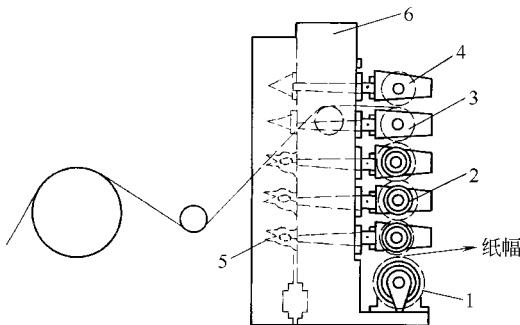


图 7-2 具有释压机构的压光机

1—可控中高底辊 2—可控中高中间辊 3—普通中间辊  
4—顶辊 5—释压机构 6—机架

## 四、机 架

压光机的机架应具有足够的刚度，尤其是超级压光机，超级软压光机由于其辊数较多，其高度达 6~12m 的机架更是如此。压光机有双侧机架（闭式机架）（图 7-3a）和单侧机架（图 7-3b）两种形式。在双侧机架上，各中间辊与顶辊的轴承壳装在机架的导轨之间，这种机架的刚度大。单侧机架是在传动侧和操作侧各有一个，各中间辊和顶辊的轴承装在轴承臂上，轴承臂与机架铰接，或者各中间辊和顶辊的轴承壳有滑槽与机架上的滑轨间可作上下滑动。双侧机架压光机在更换拆装压光辊时，要从机架的“门框”中抽出，而且通常要自顶辊起往下逐一抽出，而单侧机架的则可以从辊组沿出纸方向吊出任一压光辊，对维护工作比较方便。这是采用较多的原因。

箱形的压光机机架具有中空矩形截面，因而有较高的刚度，除了采用得较广泛的铸铁机架外，也有使用焊接的钢机架的，这种机架质量较轻而刚度大。

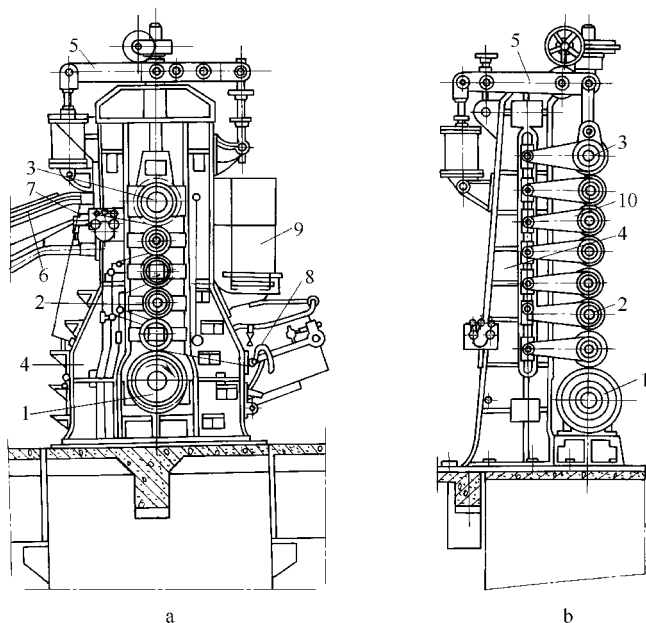


图 7-3 压光机

a—双侧机架 b—单侧机架

1—底辊 2—中间辊 3—顶辊 4—机架 5—加压及提升机构  
6—压缩空气引纸装置 7、8—弧形舒展杆 9—走台 10—中间辊轴承臂

机架应设计成在最大工作载荷和最高工作车速时，也不会产生振动。为此，有的钢结构机架内还充入混凝土。

## 五、刮刀装置和安全杆

为了防止粘辊、断头而缠辊，便于引纸和清洁辊面，每个纸机压光辊在压区出口处都设有刮刀装置。刮刀片要紧密地贴合在辊面上，刮刀装置应有足够的刚性，确保刀刃在压光辊上有均匀的线压。刮刀片对辊面的线压  $Q$  为  $0.1 \sim 0.3 \text{ kN/m}$ 。线压由刮刀架质量或气缸加压产生。刮刀片在同压光辊面接触点处与切线形成适当的夹角，即刮刀角度为  $25^\circ \sim 30^\circ$ 。

在中高速的纸机压光机或其他压光机上，通常刮刀片都借液压、气动或机械方式沿辊面作轴向往复摆动，使刮刀片和辊面均匀地磨损，也提高了辊面清洁的效果。对于某些不易掉毛掉粉、不粘辊面的纸种则应抬起刮刀片，以减少摩擦，节省动力和减轻辊面磨损。

在压光辊组每个压区入口，必须装设安全杆，以防人手或异物进入压区，造成设备和人身事故。安全杆通常装在压光辊轴承壳内。

## 第三节 普通压光机及半干压光机

### 一、普通压光机

#### (一) 概述

普通压光机又称纸机压光机，配置于造纸机或纸板机烘干部之后，有时在涂布机的涂布

器之前，也配有普通压光机。

为了避免引送薄纸幅（电容器纸及卷烟纸）通过压光机时发生断头，压光机上的金属辊与包胶辊（或纸粕辊及聚合物辊）交替排列。对于薄的皱纹纸则装设双辊水平压光机（辊筒排列在同一水平面内）。在制造吸墨纸、滤纸、羊皮纸原纸及钢纸原纸的造纸机，都不用压光机，因为压紧这些纸会降低其吸收性能。

## （二）工作原理

普通压光机由 2~10 个辊筒组成，底辊一般为主动辊，其他各辊借相互摩擦而转动。如底辊为可控中高辊，则第二辊（从下往上数，下同）往往为主动辊。在普通压光机上，纸幅自压光辊组的上方引入，依次地通过各辊间的线压逐渐增大的各压区。压光辊的数目按所生产的纸种及其对光泽度等性能的要求来决定。压光辊的数目亦取决于压光机的引纸方法。用压缩空气吹送或用引纸绳引纸时，由于纸幅可送至顶辊及其下的辊筒之间的压区，此时应采用成偶数的辊组。人工引纸时，为了安全起见，纸幅必须绕过顶辊，在这种情况下，辊数应采用奇数。2~3 个压光辊组成的压光机最大线压约为 40~50kN/m。4~6 个压光辊者可达 60~80kN/m。8~10 个压光辊者可达 70~100kN/m。近年来，普通压光机也多采用热辊和可控中高辊，其辊数可减到只有一对，使纸幅只通过一个压区，其线压可达 120kN/m。此时热辊为主动辊。

各压区中对纸幅作用的压力除来自各压区其上各辊筒以及装在辊筒所有零部件的重力（包括轴承壳、轴承和刮刀的重力）外，还有施加于顶辊轴承壳上的附加压力。以底辊上压区的总工作压力（kN）除以压光辊的工作面宽（m）称为压光机的线压力（kN/m）。而在中间辊的释压机构中，中间辊重力得到完全平衡时，各个压区的线压力可以是相等的。不同的浆种和纸种要求不同的工作线压力。加压和提升机构可使各辊按顺序逐一被提升，而使辊筒之间有 3~5mm 或以上的缝隙。这样可保证在检修时取出任一个辊筒而不必移动其他辊筒。

## （三）主要类型

普通压光机在结构上可以有多种配置，但基本上可按其机架结构分为如图 7-3 所示的两类。具有双侧机架的普通压光机也称为闭式机架普通压光机，具有单侧机架的普通压光机也称为开式机架普通压光机，且采用较多。

## （四）结构组成

普通压光机由压光辊及其轴承、机架、刮刀、辊筒的提升及加压、释压机构等组成。在现代普通压光机中还采用有加热的冷铸辊，其加热能源多采用温度在 120℃ 以下的水，用加热/冷却循环系统供热。

普通压光机通常配置于机内，其主传动辊的机械与电气传动的设计与配套应与装设的主机——造纸机或纸板机相匹配。

# 二、半干压光机

## （一）概述、作用及工作机理

半干压光机配用于造纸机或纸板机的烘干部的烘缸组之间，其作用原理和结构基本相同，都是借金属辊压区的作用使纸幅具有更平滑的表面和较大的紧度，或减小纸幅或纸板的厚度。半干压光机通常有二或三个压辊，经过半干压光机处理后，半干的纸幅紧度提高而表面更为平滑，在烘缸上贴缸更紧密，改进了热传导效率和纸面平滑程度。纸幅在半干压光机

的压紧，除了取决于辊间的线压之外，还取决于通过半干压光机的纸幅干度。当必须使纸幅压得很紧时，半干压光机就装在  $1/3$  或一半烘缸之后，这样通过压光机的纸幅干度为  $55\% \sim 65\%$ 。当纸幅需要稍稍压紧时，半干压光机装在  $2/3$  的烘缸以后，这时纸幅干度为  $75\% \sim 80\%$ ，以便于引纸及减少压溃纸幅的可能。辊间线压力约为  $40 \sim 50 \text{ kN/m}$ 。

## （二）结构组成

半干压光机由压光辊及轴承、加压提升装置、刮刀和机架等组成。通常为双辊式，其一对辊可以是冷铸辊的，或是其中之一是包胶的，或包覆其他聚合物辊面的软辊。因多为双辊式，线压力也比较低，与二辊普通压光机结构相似。

# 第四节 光泽压光机

## 一、概 述

光泽压光机是软压光机的一种，是涂布纸板、涂布卡纸的重要整饰装置。分为单压区和双压区两种形式，以及直通式引纸（纸板的涂布层在底面）和反向式引纸（纸板的涂布层在顶面）的排列。由光泽烘缸，软压辊，引纸辊，缸面刮刀装置或刷光装置，加压装置，机械和电气传动装置，机架及控制仪表等组成，如图 7-4 所示。

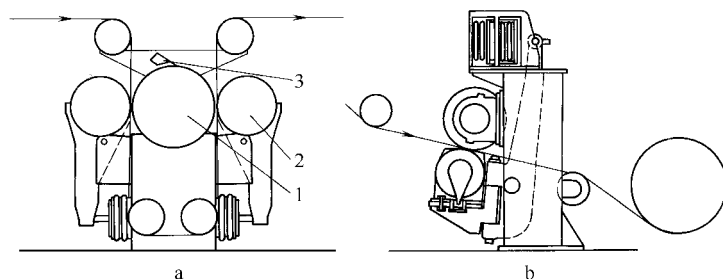


图 7-4 光泽压光机

a—双压区光泽压光机 b—单压区光泽压光机

1—光泽烘缸 2—软压辊 3—缸面刮刀

## 二、纸和纸板在光泽压光机的整饰

光泽压光机紧挨在涂布纸板机的涂布站之后，有 1 或 2 个软压区，有较高的线压力（ $90 \sim 110 \text{ kN/m}$ ），光泽烘缸缸面温度在  $120 \sim 170^\circ\text{C}$ 。金属光泽烘缸的弹性模数的值要比软压辊包覆面层材料的弹性模数的值大得多。在压区内软压辊产生较大的径向变形，而金属光泽烘缸的径向变形与软压辊的相比，完全可以略去不计。对多台光泽压光机的压区印痕测定显示，变形面积的宽度在  $22 \sim 30 \text{ mm}$  之间。这样，在压区内，软压辊有不同的旋转半径，在光泽烘缸为主动辊，软压辊为被动辊时（此时仅光泽烘缸有传动，而软压辊无传动），软压辊靠光泽烘缸摩擦带动，压区内其平均半径处与光泽烘缸的线速度是相同的，而软压辊在变形区内的最大半径处与最小半径处的线速度是不相同的。该处，会产生与光泽烘缸的相对滑动。如果光泽烘缸和软压辊均有传动（一般光泽烘缸是主传动，软压辊是助动），那么软压辊在变形压区内的最大半径与最小半径处均和其平均半径处的线速度是不相同的。此时，



缸与辊的压区内必然有速差，在压区内产生相对滑动，并随辊与缸间线压的增大而增加。

在相对滑动，辊与缸间的线压和压区的较高温度的作用下，纸板涂布层产生塑变，引起涂料中的颜料微粒的重新排列，使纸板产生更平滑和更光泽的涂布面，可改善其光学平滑性、反射折光性和印刷适应性。由于是软压区，压区宽度较大，能够保持纸板的松厚度。

影响压光效果的重要因素：线压、时间、原纸水分、温度、原纸质量和涂料配方等。

### 三、主要结构组成

#### （一）光泽烘缸

光泽烘缸，在压区用以加热纸板，并赋予纸板以平滑和光泽的表面。纸板的涂层紧贴缸面。由高强度铸铁（HT300）铸造，表面镀硬铬，并经精细磨削。表面粗糙度在  $0.10 \sim 0.02 \mu\text{m}$ ，优质光泽烘缸，采用高镍铬铸铁铸造，也有采用压力容器钢板（16MnR）等焊接的代用光泽烘缸，其直径在  $\phi 1000\text{mm} \sim \phi 1500\text{mm}$ 。因加热的缸面温度达  $120 \sim 170^\circ\text{C}$ ，缸内的饱和蒸汽压力为  $0.4 \sim 0.8\text{MPa}$ ，缸体和带轴颈的缸盖，除承受蒸汽压力外，还承受温差载荷、离心力、自重和冷凝水重，软压辊线压力及传递较大的传动扭矩等。按照 QB/T3662-1999 造纸机械用铸铁烘缸技术条件和 QB/T3663-1999 造纸机械用铸铁烘缸设计规定，除按规定进行强度计算外，还应采用有限元分析法进行应力校核。

#### （二）软压辊

软压辊由铸钢或铸铁的辊体、红套钢质轴颈、冷却水旋转接头和辊体的外包覆层等组成。包覆层材料有聚氨酯，西贝胶辊有限公司的 XBR-2 和 MC 尼龙辊。硬度为邵氏 A95～98。软压辊辊内必须通冷却水。不与纸板接触的辊两侧端面加工成圆锥体。辊两端面的宽度上，吹以冷风，以防辊端包覆层受热老化而龟裂和延长包覆层的使用寿命。

一般光泽压光机的软压辊，不配备可控中高装置。由于多种原因，按中高计算公式，计算得出中高值，与实际情况有误差。应根据常用的工作线压力，用复写纸对压区进行印痕测定，然后按下式算出修正的中高值，重磨中高。

$$K = \frac{(b_2^2 - b_1^2)(D_1 + D_2)}{2D_1 D_2} \quad (7-2)$$

式中  $b_1$  ——印痕中间的宽度，mm

$b_2$  ——印痕两端的宽度，mm

$D_1$  ——软压辊的直径，mm

$D_2$  ——光泽烘缸的直径，mm

$K$  ——所需附加的中高，即软压辊中部和离辊端 50mm 之处的直径差值，mm

若  $b_1 > b_2$ ，说明软压辊中高太大，应将原中高值减去附加的中高  $K$ ； $b_1 < b_2$ ，则软压辊中高太小，应将原中高值加上附加的中高  $K$ ；当  $b_1 = b_2$  成矩形印痕时，中高正确。正确的中高才能保证全宽度上纸板整饰的均匀性和延长包覆层的寿命。

#### （三）缸面刮刀或毛刷辊装置

均用以保持光泽烘缸缸面的光洁。刮刀必须配备往复移动装置，刮刀片的材料以 EP（环氧树脂）的为好。带旋转的毛刷辊装置，对保持缸面光洁并保护缸面比刮刀装置更为有效。

国内使用光泽压光机的设备特征，见表 7-2。

表 7-2

光泽压光机设备特征

| 纸 厂            |                      | A          | B           | C      | D          | E     | F           |
|----------------|----------------------|------------|-------------|--------|------------|-------|-------------|
| 设备制造厂商         |                      | 日本小林铁工厂    | 意大利 Over 公司 | 日本长谷川  | 美国 B、C 公司  | 日本长谷川 | 国内制造厂家      |
| 净纸宽度/mm        |                      | 2400       | 2400        | 3300   | 1880       | 3050  | 1092~4800   |
| 车速/<br>(m/min) | 设计                   | 150        | 110         | 180    | 150        | 150   | 150~250     |
|                | 工作                   | 127        | 65          | 150    |            |       |             |
| 光泽烘缸           | 直径×面宽/mm             | φ1524×2600 | φ915×2790   | φ1220  | φ920       | φ1220 | φ1000~φ1500 |
|                | 材料                   | 高强铸铁镀铬     | 高强铸铁镀铬      |        |            |       |             |
|                | 工作气压/MPa             | 0.7        |             | 0.7    | 缸温 93~177℃ |       | 0.7         |
|                | 试验压力(水压)/MPa         | 1.4        | 1.1         |        |            |       | 1.4         |
|                | 缸面粗糙度/ $\mu\text{m}$ |            |             |        |            |       | 0.16~0.04   |
| 软压辊            | 直径×面宽/mm             | φ660×2600  | φ550×2790   |        | φ620       | φ610  | φ560~φ660   |
|                | 线压/(kN/m)            | 100        | 90          | 90~110 | 107        |       | 100~110     |
|                | 包覆层材料                | 聚氨酯        |             |        | 聚氨酯        |       | 聚氨酯等        |
|                | 硬度(邵尔 A)             | 95±2       |             |        |            |       | 95±2        |

注：A、B、D、E、F 为双压辊反向引纸；C 为单压辊直通引纸。

## 第五节 超级压光机

### 一、概 述

超级压光机是造纸的一种整饰设备，它属于软压光机的一种。纸幅通过超级压光机上的纸粕辊与金属辊的若干压区，在机械力和热力的作用下变得更加平滑，有光泽、紧密、平整或获得透明性，防止与减少掉粉掉毛，改善纸幅的外观及其某些物理质量指标。

超级压光机的有效利用时间一般是其运转时间的 50%~70%。这同纸幅的质量和超级压光机的装备水平，特别是与纸粕辊的质量有关。一台造纸机或涂布机配用一台超级压光机而后者幅宽与前者相等时，后者的车速应为前者的二倍，以保证生产能力的平衡。近代超级压光机幅宽已达 9.8m，车速达 1800~2000m/min。尽管近年来开发了软辊压光机、超级软压光机，它们的出现已部分替代了超级压光机的功能。但随着超级压光机的技术进步，结构上的改进，使它仍然成为生产高档纸的不可替代的重要整饰设备。技术进步的表现：①采用寿命长，满足使用工艺要求的新型纸粕辊，MC 尼龙辊；②采用可以补偿或控制中高的浮动可控中高辊或分区可控中高辊；③冷硬铸铁辊采用辊体四周有通孔或夹套的热辊结构和温控技术；④采用快速脱辊和软着陆机构，辊组中的辊筒在断纸时能快速相互脱开，使纸粕辊免受损伤；⑤配设纸幅张力、平滑度、光泽度、厚度的在线检测仪和计算机控制系统；⑥能平稳地调节工作车速，升、降车速加速或减速时速度稳定。加压时，主传动的动态速降小，动态响应好，静态稳速精度高。退纸机构和卷纸机跟随主传动的性能好。断纸时，能快速制动退、卷纸辊和辊筒的电气传动系统；⑦采用轴式卷纸，可对卷纸的卷径进行检测，通过计算电流来调节卷纸线速度，以使其与主传动跟踪同步的系统。为防止卷取的纸卷的松紧不一，起拱起折的纸病和使纸卷的直径卷得更大，采用了液压水平可调的骑辊和敏感层探测器的光电跟踪检测装置，保持骑辊与纸卷之间有不不变的距离的新型卷纸技术。当骑辊与纸卷保

持恒定间隙时，纸卷为“软卷”，当骑辊与纸卷保持稳定压紧时，纸卷为“硬卷”，也就是保持恒定的表面卷取压力；⑧采用自动更换退纸纸卷和自动更换卷纸纸卷的退纸及卷纸装置，改善操作条件并大大提高作业效率；⑨中间辊设有辊重平衡装置，使各压区之间有相同的或不不同的线压力，改善纸幅两面的整饰效果。适当调整现代超级压光机的生产能力，即使其为一台时，与一台造纸机或一台涂布机的生产能力相匹配是完全有可能的。

## 二、超级压光机的类型

超级压光机的结构特性如图 7-5 所示。超级压光机的主要技术参数是：幅宽、车速、辊数、辊筒直径、底辊与第二底辊之间的最大线压力，纸粕辊的材料、热辊的加热温度等。上述参数取决于被超级压光的纸种与规格、产量。超级压光机通常可分为两类：①供书写纸、印刷纸、涂布纸等文化纸及铜版纸使用的，其特点是对光泽度、平滑度要求较高，其幅门较宽，车速较高线压相对较低和热辊温度较低；②供工业用纸如电容器纸、卷烟纸、仿羊皮纸等用的，其特点是幅门较窄、车速较低和线压较高。表 7-3 列出生产不同纸种的超级压光机特征示例。

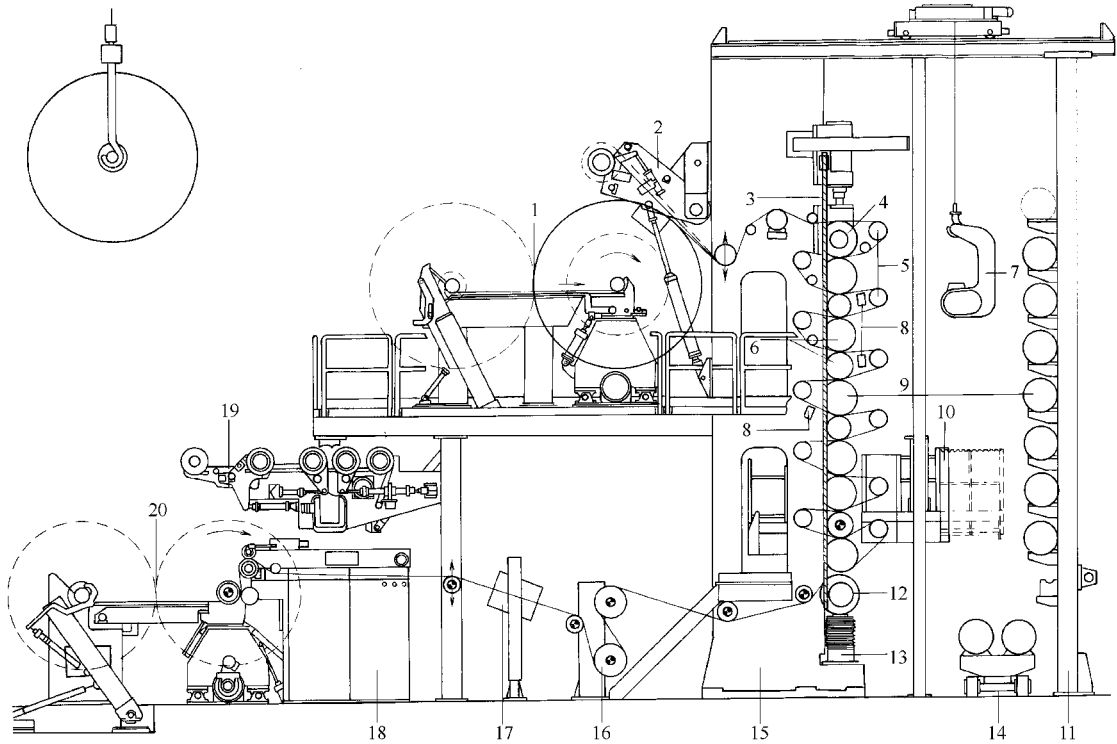


图 7-5 超级压光

1—自动退纸装置 2—自动纸卷更换器 3—螺杆悬挂杆 4—带有负荷控制器（Load Control）系统的分区可控中高或游动可控中高顶辊 5—带有舒展辊的校正装置 6—带有加热/冷却系统的热辊 7—在辊筒吊车的吊装工具 8—改善整饰质量的蒸汽喷淋器 9—纸粕辊 10—升降台 11—带传动备用纸粕辊搁架 12—带有负荷控制器（Load Control）系统的分区可控中高或游动可控中高底辊 13—加压和快速分离液压缸 14—辊筒输送小车 15—超级压光机机架 16—纸幅冷却辊 17—带有横向扫描测量装置的机架 18—Sensormat 附件 19—带有自动换卷的卷纸辊输送系统 20—自动卷纸装置

表 7-3

生产不同纸种的超级压光机特征

| 纸 种         | 辊数    | 压区线压力/<br>(kN/m) | 车速/<br>(m/min) | 纸粕辊材料                   |
|-------------|-------|------------------|----------------|-------------------------|
| 新闻纸         | 8~10  | 180              | 1000           | 羊毛纸                     |
| 书写纸和不涂布印刷纸  | 10~12 | 210~320          | 800            | 羊毛纸、蓝斜纹粗棉布              |
| 气刀和气刷涂布的印刷纸 | 10~12 | 180~270          | 650            | 原棉和羊毛纸                  |
| 刮刀涂布的印刷纸    | 10~14 | 250~390          | 800            | 棉纸、羊毛纸、菲尔玛特<br>(filmat) |
| 电容器纸和高紧度纸   | 9~12  | 360~540          | 100~300        | 斜纹粗棉布、石棉                |
| 玻璃纸和高光泽仿羊皮纸 | 15~20 | 360~710          | 150~500        | 石棉、斜纹粗棉布                |
| 光泽仿羊皮纸      | 10    | 210              | 800            | 羊毛纸                     |
| 涂布和不涂布的纸板   | 5~10  | 210              | 300            | 羊毛纸、原棉                  |

超级压光机中的金属辊和纸粕辊根据纸要求两面光和一面光来排列。纸幅与金属辊接触的一面的平滑度与光泽度均比与纸粕辊接触的一面为高。压两面光纸幅的超级压光机中，纸粕辊数应使纸的两面有机会同金属辊接触，辊组的顶辊与底辊通常都是金属辊，除有两根纸粕辊相互接触外，其余都是纸粕辊与金属交替排列的。因此，这类超级压光机的辊组都是偶数辊。而用于单面涂布纸及单面光纸张的超级压光机其辊筒数则是奇数。除金属的顶辊和底辊外，其余均为纸粕辊与金属辊互相交替地排列，如图 7-6 所示，可使纸幅的同一面始终与金属辊保持接触，电容器纸用的超级压光机的辊筒为偶数。为了获得纸幅二面稍有差别的压光效果，或减少原来两面的平滑差，可借改变超级压光机上一对相接纸粕辊安装位置的高低，或调节中间辊释压装置的线压力来实现。

超级压光机辊组的辊筒，中心轴线有两种排列方式：同在一个铅直平面内，或是上下相邻的两个轴筒的轴心交替排列，并在水平相距 5~10mm 的铅直面内。第二种排列（如图 7-7）的优点是压光效果好。

目前国内使用的主要几种型号的超级压光机的设备特征参数见表 7-4。

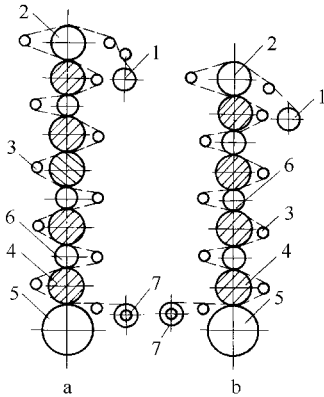


图 7-6 超级压光机辊组的排列

a—两面压光用 b—单面压光用  
1—退纸卷 2—顶辊 3—引纸辊 4—纸粕辊  
5、6—底辊 7—卷纸辊

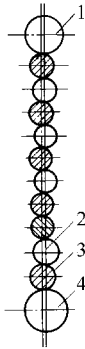


图 7-7 相邻辊筒错开排列的超级压光机

1—顶辊 2—金属辊 3—纸粕辊 4—底辊

国内使用的主要几种型号的超级压光机的设备特征参数

表 7-4

| 国别/公司名称或型号       | 德国<br>Kennewefers<br>公司       | 德国<br>Bruderhaus<br>公司        | 美国<br>Appleten<br>公司         | 国产           | 国产 H1253 H1209<br>H1210 H1263 | 国产<br>H1243                 | 芬兰<br>Valmet<br>公司                     | 德国<br>Bruderhaus<br>公司 | 德国<br>Voith Sulzer<br>公司 | 芬兰<br>Valmet<br>公司 |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|--|------------------------|--------------------------|--------------------|
| 纸幅宽度/mm          | 1800                          | 1800                          | 1930                         | 1092         | 1760~1880                     | 1760~1880                   | 3700                                   | 3800                   | 2700                     | 9800               |
| 工作车速/<br>(m/min) | 600                           | 500                           | 700                          | 50~350       | 50~350                        | 50~600                      | 800                                    | 600                    | 600                      | 1800               |
| 引纸车速/<br>(m/min) | 8~15                          | 10~15                         |                              | 10           | 10                            | 10                          | 12                                     | 12                     |                          |                    |
| 压光纸种             | 70~170g/m <sup>2</sup><br>涂布纸 | 65~200g/m <sup>2</sup><br>涂布纸 | 60~65g/m <sup>2</sup><br>涂布纸 | 电容器纸<br>半透明  | 胶版纸、<br>涂布纸等                  | 胶版纸、<br>涂布纸等                | 40~160g/m <sup>2</sup><br>铜版纸、<br>涂布纸等 | 涂布纸等                   | 涂布纸等                     | 高级铜版纸等             |
| 辊数               | 12                            | 12                            | 12                           | 12           | 12                            | 12                          | 12                                     | 12                     | 12                       | 12                 |
| 最大线压/<br>(kN/m)  | 300                           | 250 300                       | 350                          | 250          | 250                           | 250                         | 350                                    | 250                    | 300                      |                    |
| 顶辊/mm            | φ370(浮动辊)                     | φ500                          | φ432(浮动辊)                    | φ450         | φ450                          | φ450                        |  | φ600(浮动辊)              |                          |                    |
| 中辊/mm            | φ280(热辊)                      | φ250                          | φ280                         | φ250         | φ250(热辊)                      | φ250(热辊)                    | (热辊)                                   | φ350(热辊)               | (热辊)                     |                    |
| 金属辊直径            | 含加热/<br>冷却系统                  | φ280<br>(主动辊)                 |                              | φ280<br>(主动) | φ300(热辊主动辊)<br>含加热/冷却系统       | φ300(热辊主动<br>辊)含加热/冷<br>却系统 | (热辊主动辊)含<br>加热/冷却系统                    |                        | (热辊)含加<br>热/冷却系统         | 含加热/<br>冷却系统       |
| 底辊/mm            | φ400(浮<br>动辊)                 | φ380 浮<br>动辊                  | φ432(浮动辊)                    | φ500         | φ400(进口浮动辊)                   | φ500                        |  | φ600(浮动辊)              |                          |                    |

|              |       |             |                |                         |                 |              |              |             |             |             |           |      |
|--------------|-------|-------------|----------------|-------------------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------|
| 纸<br>粕<br>辊  | 直径/mm | φ450        | φ400           | φ460                    | φ400            | φ400         | φ410         | φ410        | φ410        | φ520        | φ520      |      |
|              | 材料    | 羊毛、棉混合      | 羊毛、棉混合         | 全棉                      | 全棉、羊毛、棉混合       | 羊毛、棉混合       | 羊毛、棉混合       | 羊毛、棉混合      | 羊毛、棉混合、全棉   | 全棉          | 羊毛、棉混合、全棉 |      |
| 主动辊位置        |       | 第三底辊        | 第三底辊           | 第三底辊                    | 第三底辊            | 第三底辊         | 第三底辊         | 第三底辊        | 第三底辊        | 第三底辊        | 第三底辊      | 第三底辊 |
| 放纸制动形式和功率/kW |       | 发电机制动 22    | 气动摩擦轮制动 水冷却摩擦轮 | 发电机制动 54                | 气动摩擦轮 制动水冷却 摩擦片 | 气动摩擦片、制动 水冷却 | 发电机制 动 15    | 发电机制 动 40.5 | 发电机制 动 110  | 发电机制 动 78   |           |      |
| 卷纸形式和功率/kW   |       | 轴式卷纸 22     | 轴式卷纸 20 22     | 圆筒卷纸 54                 | 圆筒卷纸 11         | 圆筒卷纸 15      | 圆筒卷纸 15      | 圆筒卷纸 27     | 轴式卷纸 110    | 轴式卷纸 78     |           |      |
| 快速脱辊和加压方式    |       | 底缸快速脱 辊顶缸加压 | 底缸快速脱 辊顶缸加压    | 液压缸扇形齿轮 QCD 系统快速 脱辊顶缸加压 | 无快速脱辊 顶缸加压      | 顶缸加压 提升辊筒    | 底缸快速 脱辊顶缸 加压 | 底缸快速脱 辊顶缸加压 | 底缸快速脱 辊顶缸加压 | 底缸快速脱 辊顶缸加压 |           |      |
| 主传动功率/kW     |       | 312         | 265 275        | 258                     | 99              | 160          | 284          | 515         | 364         | 300         |           |      |

### 三、超级压光机的主要机构组成

超级压光机由退纸架、卷纸机及带有辊组主体机架等组成。前二者同其他整饰加工机械一样。本节中将主要叙述主体机架部分的机件。

#### (一) 辊组

超级压光机的辊组由三类辊筒组成：纸粕辊，通常作为顶辊和底辊的可控中高辊和可加热或冷却的金属辊，其中纸粕辊直径相对最大，可控中高辊在一般情况下稍大于中间金属辊。辊筒的直径同超级压光机的幅门有直接关系。通常超级压光机的幅门多在净纸幅宽 4200mm 或以下，此时中间金属辊的直径通常为  $\phi 250 \sim 400\text{mm}$ 。由于辊筒在工作时要产生较大的接触应力和表面摩擦力，因此辊面要求具有耐磨损、硬度高的冷硬铸铁做的，辊面冷硬层的硬度应  $\geq 70 \sim 75\text{HS}$ ，而轴颈处硬度应  $\leq 48\text{HS}$ 。

纸幅温度是使纸幅塑性化而取得较好压光效果的重要因素。除了纸粕辊变形产生的摩擦热量外，多种超级压光机的金属中辊作为热辊，在其辊筒中间通入热水、蒸汽或其他加热介质来提高纸温；一般上两根中辊的热水最高温度约为  $90^\circ\text{C}$ ，下两根中辊的热水最高温度约为  $75^\circ\text{C}$ 。有时也在金属中辊中通入冷水以防纸粕辊由于长时期运行而发生过量的热积累使辊面受损伤。金属热辊的加热冷却系统如图 7-8 所示。

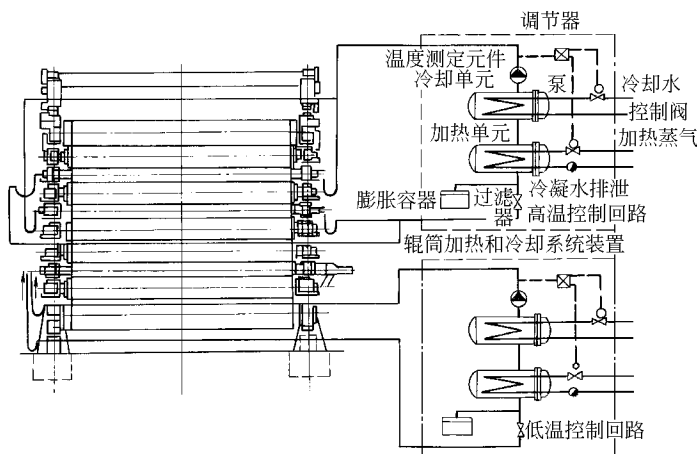


图 7-8 金属辊的加热冷却系统

对于涂布纸进行超级压光时，金属辊也有采用不锈钢或镀铬冷硬铸铁的；也有些超级压光机采用钢辊表面淬硬的。金属辊的辊面宽度必须大于纸粕辊。

#### (二) 纸粕辊

纸粕辊不仅是超级压光机的重要部件，也用于造纸工业中其他设备，还用于纺织工业、印刷工业以及塑料工业中压制涤纶薄膜、耐高温聚酰胺纤维纸、录音和录像磁带及高空摄影用的塑料带等的制造。它是由一种或多种纤维（棉、麻、人造或合成纤维、木浆、羊毛、石棉、玻璃纤维等）制成纸或织物后层层叠置填装在轴上经过压紧而制成的。

纸粕辊体要有一定的硬度，又要富有弹性。纸粕辊的硬度决定于制造纸粕辊的纸或织物的性质以及制辊时的工艺条件。

##### 1. 纸粕辊的结构与制造

纸粕辊用优质钢做芯轴，把纸粕辊原纸或织物装在芯轴上经过压紧而制成，如图 7-9

所示。

一层层的纸或织物成沓地叠套在轴上被压紧时,要求纸或织物的面对面、底对底,而且每支都被错开 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ,成沓的纸或织物应分批地套到轴上,每次不能加纸过多,纸或织物要切成八角形或多边形,其中心冲出能套紧在轴上的圆孔,最新结构的芯轴上还配用平键而冲孔时也要冲出键槽。冲孔后的纸或织物要在 $45\sim 70^{\circ}\text{C}$ 的烘房内烘干到含水分 $1\%\sim 2\%$ 或以下,然后才能套到芯轴上去。纸粕辊体的纸或织物层的加压在专用的油压机上进行;芯轴在油压机上矗立后,即分批套装纸或织物并分批地加压,每次加压后要保压一段时间再加纸,全部加纸后要保压较长时间才能锁定释压。加压的压力要按纸或织物的材质要求的纸粕辊体硬度等来决定,通常压力为 $70\sim 100\text{MPa}$ 。

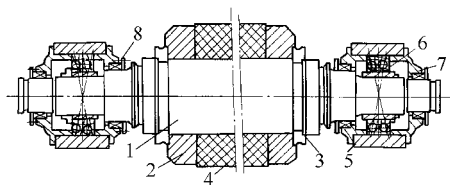


图 7-9 纸粕辊

1—铜芯轴 2—压环 3—扇形压环 4—纸粕辊体  
5—轴承壳 6—轴承 7—轴承盖 8—密封环

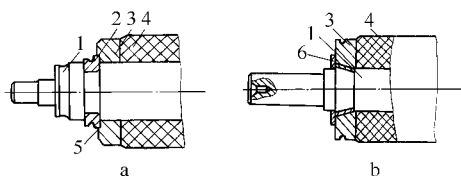


图 7-10 纸粕辊的压紧部分结构

a—用扇形压环的结构 b—用锥形压环的结构

1—扇形压环 2—压环 3—纸粕辊体

4—扇形压环补锁定的凹窝

5—锥形压环 6—挡盖

把纸粕辊辊体这一层压体压紧在芯轴上并锁定的机械结构如图 7-10 所示。在芯轴的两端压紧纸粕辊体的压环。由于锁定件的不同,环的形状也不同。压环的一面是平的,直径略小于要求的辊体直径,用于扇形压环另一面有圆形凹窝,使分成 3 片的扇形压环成配合地座入,而扇形压环的厚度又同芯轴上的凹槽配合定位,这样使压环在加压的辊体释压后被回弹锁定,实现对辊体压紧的功能。而用锥形压套时,芯轴的两端有如相同于锥形压套内孔的锥形段,而压环的内孔也有相同于锥形压套外形的锥形段。在辊体被加压状态下,整体制出并被铣切为几块或瓦片状的锥形压套被置入压环内孔与轴之间,释压后压环即被锁定。

压成的纸粕辊辊面要经过车光,这是为进一步磨削做基础的。通常在纸粕辊的端面有表示转向的箭头,这一转向是车削和磨光时的转向,也表示纸粕辊在工作中应有的转向。纸粕辊的辊面磨光在合同交货时或使用前不久进行,磨好的成套纸粕辊要在超级压光机上经过滚合才能正式使用。

压成的纸粕辊辊面要经过车光,这是为进一步磨削做基础的。通常在纸粕辊的端面有表示转向的箭头,这一转向是车削和磨光时的转向,也表示纸粕辊在工作中应有的转向。纸粕辊的辊面磨光在合同交货时或使用前不久进行,磨好的成套纸粕辊要在超级压光机上经过滚合才能正式使用。

构成纸粕辊辊体的纸或织物被称为纸粕辊填料,纸粕辊的硬度通常以邵氏 D (SHORED) 硬度来测量,其符号表示 HSD。主要的填料材质有:羊毛纸、斜纹粗棉布、石棉纸(石棉含量 45%)、棉纤维等。

## 2. 纸粕辊使用前的检查与混合

新压制的或已使用过重新磨光或是要“回苏”的纸粕辊,都要进行空运转,称之为纸粕辊的滚合(或转磨)。新纸粕辊上机后一般需空运转滚合 $48\sim 96\text{h}$ 。经过车、磨削后的旧辊,根据磨去的深度不同,所需滚合时间为 $16\sim 24\text{h}$ ,有些纸厂的超级压光机,靠近顶辊的几根压光辊不穿引纸幅,也可把新的纸粕辊放在这个位置上,让其空转滚合,以备使用。滚合的目的是为了提高工作面的硬度和降低粗糙度。

滚合时的压力与车速必须均匀提高,直到达到超级压光机所要求的车速和压力。约在整个滚合时间的 $1/6$ 内,在不加压下运转,滚合从引纸速度开始逐步提高到滚合最高车速的一



半。此时用的海绵或绒布把 30~35℃ 的温水或再加 10% 中性肥皂（或 10% 酒精水、或高质量的洗洁精 5% 加约 3kg 的温水搅匀或清水）在滚合时揩擦纸粕辊。此阶段完成后，降低速度进行检查。然后，均匀地要车速升高到最高车速的 80%，而压力在 5/12 的滚合时间内，按该机最大设计压力以每次 10% 左右分 7 次均匀加压到最大线压的 70% 左右。然后降速或停机检查。一切正常时再把车速升高到最高车速，并分三次加到最大线压。

### 3. 纸粕辊的使用维护

纸粕辊在使用前要按厂商说明进行空运转或滚合，并如前述用软布或海绵擦洗旋转着的纸粕辊。揩擦纸粕辊是逐个进行的，要注意不使洗液漏到下辊，最后用清水揩抹。接着擦洗下一个纸粕辊，一般到第三个纸粕辊擦洗完成时，第一个纸粕辊已基本干燥。揩擦纸粕辊期间不可停机。如此湿揩擦纸粕辊直至辊面光滑为止。待纸粕辊全干燥后可进行全压力空运转。

空运转时通常对棉纤维填料纸粕辊的表面温度不超过 90℃，对羊毛纸粕辊不高于 60℃。发现温度过高时要在金属辊中通入冷水进行冷却，同时可停机使之自然冷却。

超级压光机在静止状态下不允许加压，在停转前必须先把辊筒抬起彼此分离。纸粕辊要按照制造厂的说明或使用厂的工艺规程定期重磨更换。

### （三）机架

超级压光机通常都采用单面机架，对于线压高幅宽大的高速超级压光机，也有的用双面机架。超级压光机用人工低速引纸，机架、辊筒和轴承在引纸时承受的冲击载荷较小，但在高速快速脱辊时，有冲击载荷，如有减震元件，这冲击载荷可以减少。超级压光机的单面机架通常如图 7-11 所示。机架可以用高强度铸铁或用型钢焊接组成箱形断面，“L”形的机架顶部，装有加压的液压顶缸或顶辊的轴承座，借大断面的方键和螺栓，与机架紧紧地固定，形成“C”形架。图中 I-I 和 II-II 为机架的危险断面。在机架中，最大应力一般是由最大线压力所引起的。如果辊筒数目超过 16 个而最大线压力不高时，在悬吊除底辊之外的所有辊筒和轴承重力时，将在 II-II 断面出现最大应力。在弯矩作用下的正应力：

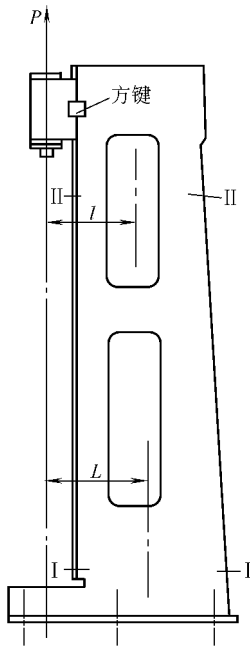


图 7-11 机架

$$\sigma_I = \frac{FLY_I}{J_I} + \frac{F}{F_I} \leq [\sigma] \quad (7-3)$$

$$\sigma_{II} = \frac{FY_{II}}{J_{II}} + \frac{F}{F_I} \leq [\sigma] \quad (7-4)$$

式中作用力  $F$ （单位 N）为：

$$F = \frac{(q_1 - q_2)b \times 10^3}{2} \quad (7-5)$$

式中  $q_1$  ——最大工作线压力，kN/m

$q_2$  ——底辊上辊组自重形成的自压线压力，kN/m

$b$  ——压辊宽度，m

$L$  ——作用力  $F$  与危险断面中性轴的垂直距离，mm

$Y_I, Y_{II}$  —— I-I、II-II 断面中任意一点至中性轴的距离，mm

$J_I, J_{II}$  ——危险截面对中性轴的抗弯惯性矩，mm<sup>4</sup>

$[\sigma]$  ——材料的许用弯曲应力，MPa

当最大线压力不高,而辊重大时,应将除底辊之外的所有辊筒和轴承重力之半(单位N)代替 $F$ 代入式7-3,以求得 $\sigma_{II}$ 。

#### (四) 升降台

在超级压光机辊组的前与后方各装有与辊筒等宽的外、内升降台。通常升降台的最大载重约200~300kg,升降速度约为10~12m/min,升降台都配有安全制动装置。升降台的底部下方装有朝下的浮动假底,内设限位开关,在碰到障碍物或人时能使升降台自动停止。升降台行程的上下两端装有限位开关控制其行程。

升降台的传动有多种方式:

(1) 底部有由电动机带动旋转的螺母或小齿轮可使升降台沿螺杆或齿条升降。

(2) 在地坑下装有电动卷扬机或链轮,钢绳或链条通过定滑轮或链轮来使升降台升降。

(3) 升降台以链条或钢绳与液压柱塞缸相接,借液压缸活塞的移动使升降台升降。这种驱动方式,运转平稳,噪声较小。

液压升降台的液压系统如图7-12所示。

该系统的特点是其上升阀是液动控制的常开阀,而下降阀是电—液控制的。要求升降台上升,而踏下“提升”按钮时,电动机即带动液压泵把压力油送出并经溢流阀调压,通过常开的上升阀流回油箱,但其中二小股压力油则由上升阀中的节流孔推动其阀杆慢慢地使阀锁闭。这时因下降阀处于常闭状态,压力油便经过逆止阀进入液压缸使升降台无冲击地起动和上升。当放开“提升”按钮时,电动机即断电停止供油,而逆止阀保持了油缸中的油压,使升降台停动。踏下“下降”

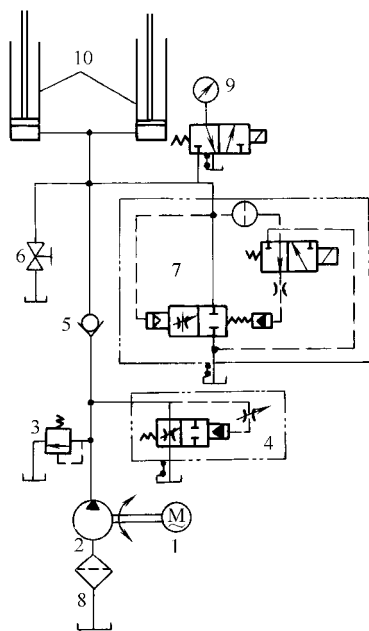


图 7-12 升降台液压系统

- 1—电动机 2—容程式液压泵 3—溢流阀 4—上升阀  
5—逆止阀 6—截止阀 7—下降阀 8—滤油器  
9—二位三通电磁阀 10—液压缸

按钮时,电—液控制的下降阀中的电动先导阀通电,使油缸油路中的压力油经节流阀将下降阀慢慢打开,油缸中无冲击地经节流孔回流至油箱,使升降台下降,放开“下降”按钮时,下降阀断电,阀又慢慢地恢复锁闭状态,升降台即停止下降。系统中的上升阀和下降阀都有缓冲作用,可以防止“提升”、“停止”和“下降”时的冲击。

#### (五) 辊筒的加压、提升和快速脱辊机构

超级压光机上都装有液压或气动的加压、提升和快速脱辊机构。液压机构的特点是能产生高压,辊筒能快速脱开和快速卸荷;气动机构虽然能快速卸荷,但不能产生高压,辊筒脱开较慢,一般仅用于中速和窄幅整饰非涂布纸种的超级压光机上。

液压的加压提升快速脱辊机构中,提辊螺杆与顶辊轴承壳直接连接,活塞将顶辊提升时,螺杆上的螺母依次将各辊脱离接触和逐步提升,并在达到调定的最高位置后能被锁定。

快速脱辊机构在断纸时能使辊筒在0.5~0.6s内卸压并将辊筒快速分离,使纸粕辊免受损伤。该机构有两种形式:①底辊轴承座装在下液压缸的柱塞上(图7-5)。在正常运转中,

底辊位于最高点，而在断纸时，下液压缸迅速卸压，底辊借自重降落到有减震元件的支座上，而中间各辊筒借自重降落到装于顶辊轴承座上的悬吊螺杆的螺母上，使各辊分离；②由液压缸驱动一对啮合扇形齿轮旋转一角度，通过连杆使底辊轴承座迅速升降。

#### (六) 液压系统

液压系统是超级压光机的重要部分，液压系统的设计有多种形式，图 7-13 所示的为其

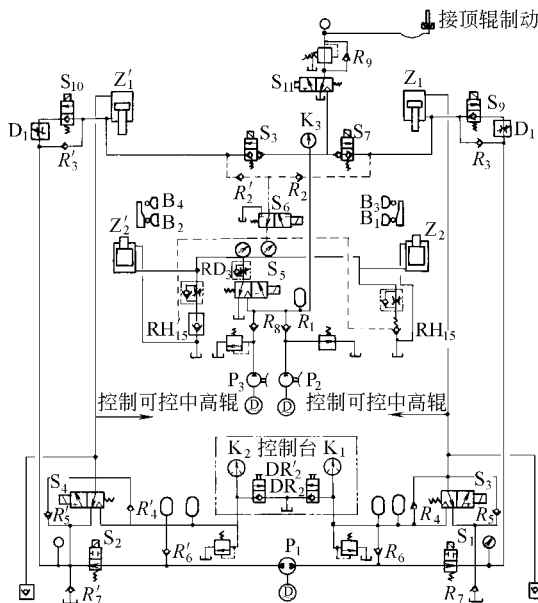


图 7-13 超级压光机的液压系统

中较具典型性的一种系统。该机左右两侧机架各装置顶液压缸、底液压缸，油路和单独装设的液压站。系统由一台双向泵  $P_1$  连续运转流量小的高压泵  $P_3$  和间歇运转流量大的低压泵  $P_2$  供油，利用电磁阀与电气程控或可编程控制器（PLC），能完成“辊负荷”、“加压”、“脱开”、“降压”和紧急停机动作。为缓和各辊间的跳动，保持一定的压力并避免油泵过分频繁活动，装备了若干个蓄能器。顶液压缸的工作压力由装在控制台上的可调节压力的电接点压力表  $K_1$ 、 $K_2$  来调速，运动速度由节流阀  $D_1$ 、 $D_1'$  来调整。整个系统的控制过程应参照超级压光机的操作说明书来进行。

#### (七) 传动与控制系统

##### 1. 对传动和控制的要求

超级压光机对传动的要求为：①有 10~17m/min 的引纸速度，能延续 2~5min；②能平缓地调节工作车速，工作车速的调节范围是 1:4 至 1:5；③升、降车速时加速或减速度稳定；④配备有效的制动装置，以利在停机时缩短惯性旋转时间；⑤工作过程中能自动保持张力恒定；⑥卷纸机工作良好，能卷出合格的纸卷。

超级压光机上通常有 2~3 个传动点，即辊组的底辊或一个中间辊以及卷纸机，有时还有退纸架，有 10~12 个辊时，往往底辊为辊组的主动辊，在采用可控中高辊或快速脱辊机构时，主传动辊可能是第三辊或第五辊。用底辊主动时，辊间的总滑动大而压光效果较好，但纸幅经压光的伸长率会增大。

超级压光机对电气传动控制系统的主要要求除要满足以上对传动系统所要求的各点之外，还应保证或实现：①超级压光机的机械、液压、气动、供热、冷却、润滑等全部系统的运行联锁，并确保运行安全、操作安全的控制；②停车状态或低速运行时，不能加压；加压时，主传动的动态响应要好，动态速降  $< 3\%$ ，恢复时间  $< 0.3s$ ，退纸机构和卷纸机跟随主传动的性能好；加压后的压力自动保持稳定；③按预定工艺参数指标和产品质量指标配置在线仪表和适当的控制系统进行检测、监控超级压光过程和产品质量；④自动控制系统与人工控制的适当配置与方便的切换。

##### 2. 张力控制与退纸架电气传动

低速超级压光机的退纸机构多用气动或液压制动器，也有用磁粉离合器以电气控制方式实现张力自动控制。

高速超级压光机的退纸机构常用可逆直流电动机驱动，引纸、升速时，作电动状态运行，产生加速力矩。达到额定速度时，自动转为发电状态运行，产生制动力矩，同时把机械能转变为电能，转入电网，断纸时，退卷机构迅速制动到停止。为了保持张力不变，常有以下几种调节方式：

(1) 恒磁调节 其原理框图如图 7-14 所示。

(2) 电流电势调节 退卷机构在基速以上工作时，由励磁调节器控制退卷电动机的电势  $E$  为恒定值，只要再调节电枢电流为恒定，就能实现系统的张力恒定，故称电流电势调节，其原理框图如图 7-15 所示。

(3) 最大力矩调节 实际应用时是将上述两种调节方式结合起来，称为最大力矩控制方式，其原理如图 7-16 所示。

(4) 压光辊组和卷纸机的电气传动控制系统。

超级压光机的压光辊组主动辊筒和卷纸机是超级压光机的两个传动点，有的超级压光机还配有湿润机或其他传动点，连同上述对退纸机构的传动控制，使超级压光机的传动控制系统构成如同造纸机一样的多传动点调速稳速控制系统。这种系统多采用模拟、数字模拟、数字控制和可编程逻辑控制器、微型计算机等新技术，采用晶闸管直流电动机系统或变频交流电动机系统。在压光辊组的直流电动机控制系统中，需使电流调节器由 PI 调节器自动切换到小时间常数的 I 调节器，因而电流调节器要用电流自适应调节器。电流自适应调节器的型式很多，图 7-17 所示的为其中的一种。芯轴卷取型式的卷纸机的直流电动机传动采用减速状态的惯量补偿和预给定张力控制。

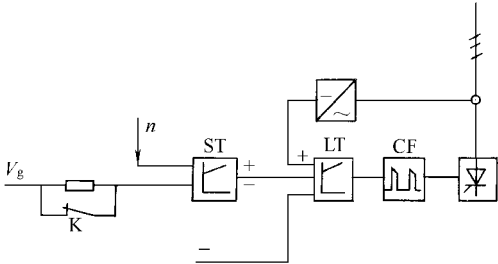


图 7-14 恒磁调节的系统框图

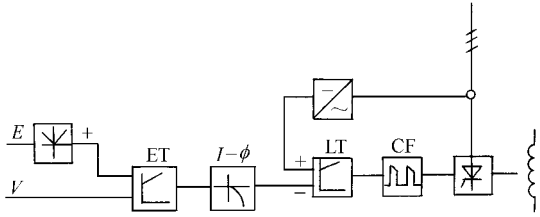


图 7-15 电流电势调节的系统框图

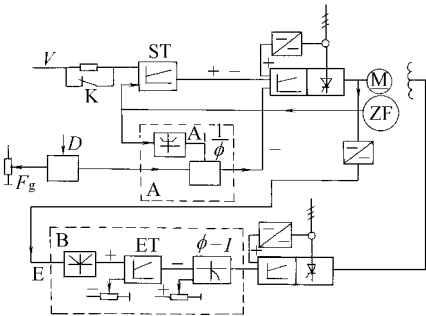


图 7-16 最大力矩调节系统框图

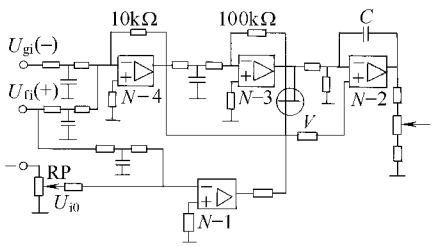


图 7-17 电流自适应调节器

(八) 引纸辊、活动弧形辊、张幅砍断器、纸粕辊搁架

纸幅从放卷装置进入辊组、辊组两侧和纸幅从辊组进入收卷装置时，均设有引纸辊，这

些引纸辊除与造纸机、整饰设备的有相同的结构外，还有辊面中央向两端面车有左右旋向凹槽螺旋纹，用以舒展纸幅的舒展结构。在辊组两侧的引纸辊的轴承座，还有相对于压光辊中心可作水平方向和垂直方向调节的手动校正机构，进一步舒展纸幅并消除纸幅的起折。纸幅从放卷装置进入辊组的顶辊，和进入顶部的第二压区，及从辊组引出，进入收卷装置时，均通过活动弧形辊，进一步消除纸幅的起折。活动弧形辊的结构图见图 7-18。弓形的芯轴上，通过带有密封圈的滚动轴承，套上许多段，宽度较窄的辊体，辊体绕弓形芯轴的弓形平面相对包绕纸幅的位置是可以调节的，以便调整舒展纸幅的程度。弓形芯轴的所在平面，与纸幅所在平面形成的夹角为  $32^{\circ} \sim 35^{\circ}$  时，舒展效果最好。纸幅砍断器的结构如图 7-19。装设于放卷装置与顶辊之间的纸幅引纸线路上，锯齿形的刀片，固定在转轴上，通过杠杆臂与气缸铰接，一旦纸幅在辊组中产生断头，通过光电开关与控制气路，纸幅砍断器快速将进入顶辊的纸幅砍断。防止断了头的纸幅，缠绕在纸粕辊上，而压坏纸粕辊。在超级压光机辊组前的纸粕辊搁架，可以储存一台超级压光机的数根纸粕辊，该搁架装有传动装置，使存放的纸粕辊保持缓慢速度迴转，可防止辊筒弯曲或辊轴变形，以及纸粕辊面的表面水分积聚在辊面下侧而变形的缺点。带动纸粕辊旋转有两种结构：一是带齿轮减速箱的电动机，通过其出轴上的皮带轮，及皮带带动各纸粕辊旋转；二是带齿轮减速箱的电动机，通过其出轴上的链轮、链条及各纸粕辊上的链轮，使纸粕辊旋转。

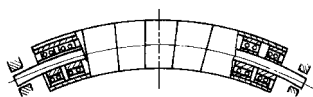


图 7-18 活动弧形辊

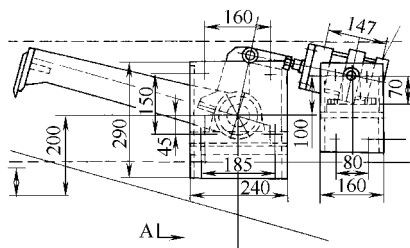


图 7-19 纸幅砍断器

### (九) 加热/冷却系统

供给热辊以必要的热量。主要由加热器、冷却器、循环泵、膨胀槽、阀门、自控仪表、电控装置等组成。温度控制通常采用单回路形式，可以保证精确的温度控制。根据热辊加热温度的不同，加热的介质主要有导热油和热水。导热油是用于热辊温度在  $100 \sim 160^{\circ}\text{C}$  时的加热介质。热水是用于热辊温度在  $80 \sim 120^{\circ}\text{C}$  时的加热介质。

### (十) 放卷及收卷装置

与其他整饰设备一样，超级压光机需要有放卷及收卷装置。放卷装置用以正确地支承放纸卷，并以适当的张力将纸幅输出。放纸卷在放纸装置上可作轴向和锥度调节。为防止纸幅边缘被压在纸粕辊上使后者压出固定边缘宽度的印痕，有的超级压光机的放卷装置还设有使放纸卷作轴向反复摆动的机构。放卷装置一般设置于近辊组的顶部。收卷装置通常是轴式卷纸机或圆筒卷纸机。

为了使纸幅具有所需的张力，放纸卷的卷纸辊要连接制动器，其另一作用是当纸幅断头时能在短时间内制动放纸卷，以尽量减少损纸。现代超级压光机的放卷装置，一般都采用纸幅张力的自动控制系统。

制动器通常有机械和电力的两种，前者如带式、盘式、片式以及手动、气动和液压的制动器等，后者如发电机再生制动等。磁粉制动器可以归入电力作用的机械类型的制动器。在

机械制动器中因利用摩擦力进行制动,必然存在热损失,因此必须充分注意散热,在选用各种制动器时应考虑到纸幅强度能否承受启动加速时所引起的启动张力。

超级压光机上采用的圆筒式卷纸机与造纸机上采用的没有什么两样,都具有纸幅张力易于控制,纸卷紧度适合要求的特点。然而不必采用在造纸机上因连续运行而设的换卷纸辊引纸摇臂及其迴转机构,因而结构可以简化。

轴式卷纸机可以在纸幅张力较小的状态下卷取,卷纸辊是传动辊,不存在像圆筒卷取时发生靠摩擦力卷取的现象,因而对某些要求特别高的铜版纸,不会由于纸面极光滑出现滑动而损伤涂布层的情况,这是高档铜版纸超级压光机采用轴式卷纸装置的原因。

关于轴式卷纸机和圆筒卷纸机的详细内容放在本章第八节讨论。

## 第六节 软辊压光机

### 一、概 述

软辊压光机是 20 世纪 80 年代发展起来的一种新型压光设备,是一种可用于绝大多数纸种的压光整饰设备,其压光整饰效果显著。从 20 世纪 80 年代起,已经成功并广泛地应用在造纸行业,作为造纸机和涂布机的机内和机外的整饰设备,由于其性能优越、操作简单、压光断头少、压光质量高、设备运行作业率高、对纸种的适应性好等特点,因而得到迅速的发展。

压光整饰分为刚性压区及弹性压区压光两大类,前者使纸页厚度趋于一致(如常见的普通压光机),而后者使纸张紧度趋于一致,刚性压区的普通压光机对于单位面积上纤维大量堆积的较厚区域,由于纤维不能横向扩散,经压光后纤维紧压在一起而造成紧度不均匀,导致印刷油墨在紧度不同区域产生不同的吸墨性,从而影响了印刷性能。另外刚性压区压光压区数较多并且压区宽度窄,其压光过程中对纸的强度、松厚度、挺度、不透明度及环压强度等影响较大,从而影响了纸的质量及档次。

软辊压光机属于弹性压区压光,所压出的纸张松厚度大且均匀,纸张不会有因过压现象而产生斑点、发黑等纸病,特别适于生产文化印刷用纸。软辊压光一般是在线装在纸机上以代替传统的机械压光机,这种设备操作容易,损纸率低,并且由于软辊压光机两个压区具有单独传动控制系统并且软辊交错布置,使纸的平滑度两面差减到最低限度,适应于生产两面差要求较高的纸种。

表 7-1 列出了硬软压区对纸张的压光影响。

软辊压光机应用特点如下:①适用于绝大多数纸张及纸板,对纸种的适应性广。②可达到高的平滑度、光泽度和不透明度。③同样的平滑度印刷性能好。④纸的松厚度、强度、挺度好。⑤高水分下断头少、且不会产生黑斑。⑥减少掉毛、掉粉及糊版现象。⑦紧度一致、吸墨均匀、图文清晰。⑧可改善纸的两面性。⑨提高纸机的运行性。⑩操作维护方便。⑪可降低化浆配比。⑫适合于改造用。⑬软辊压光机可在线使用,避免了二道工序、降低生产成本,减少停机时间和损纸。

### 二、工 作 原 理

软辊压光机是采用高温热辊及特殊软辊组成的压区,用少量压区(1~4 个)在高线压

下整饰，其压光过程是一个热能和机械能向纸幅传递的过程，压光过程中弹性软辊把纸页的高低部分压贴在平滑的金属热辊面上，在压区中因软辊变形，直径不同使角速度有微小差异造成微滑动，通过表面剪切和压搓作用，使在高温区域中受热而达到玻璃化温度从而产生塑化并“流动”的纸浆组分缓和地搓动；从而使纸的紧度趋于一致，并使得接触金属热辊的纸面具有非常精致的平滑表面。

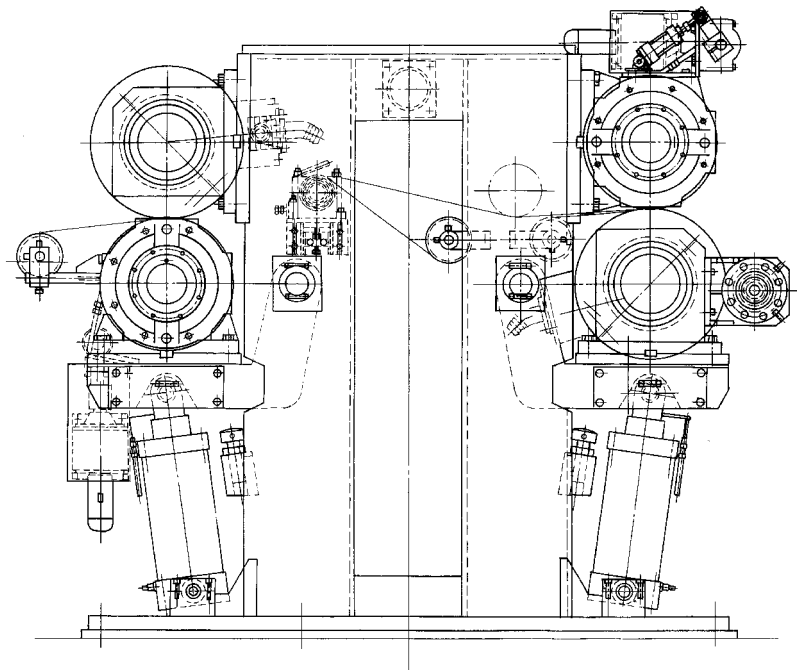
软辊压光机能使纸或纸板在较宽压区接触，受到温和的表面处理，产生一个更均匀的纸面，同时减少松厚度的降低。对于某一特定的线压力，由于软辊压光的压区较宽，其单位压力比普通压光机的硬压区低得多，压区宽度一般在  $5\sim 10\text{mm}$  的范围内，是硬压区压光机的十倍，而单位压区压力一般在  $20\sim 40\text{N/mm}^2$ ，即使软辊压光使用很高的线压力，单位压力也仅是刚性压光的  $\frac{1}{3}$  或  $\frac{1}{4}$ 。

单位压区压力是纸页所承受压力的决定因素，其单位为  $\text{N/mm}^2$ ，是由辊子直径、线压力和弹性模数以及所用软辊面厚度所决定的，由于软质辊面具有弹性，因此辊面能够适应任何凹凸不平或定量波动的纸页，并生产比传统的硬压区压光机平滑度均匀得多的纸张。使用软辊压光机，纸页中厚度较低的地方也能较好地与辊面接触；而较厚的地方不会过多地被压低，由此在整幅纸页上产生一个非常均一的“微细平滑面”。这说明软压光的纸有较均一的密度；而硬压光的纸厚度较均匀。软压光的另一优点是大大地减少了纸页的黑斑，因此可以提高纸页的含水量，这不仅有助于压光操作，而且提高了成纸的水分。但是也必须避免水分太高，这是因为水分太高会使纸的可压缩性提高，从而降低松厚度。

### 三、主要类型

软辊压光机的压区较少，流程简便，根据不同纸种的不同要求，压区可以有多种不同的排列型式。

如图 7-20 所示为软辊压光机压区主要排列形式示图，即为双机架、双压区软辊压光机



的结构图，这种压光机因其两个压区的线压、温度、及辊的排列可以根据生产要求有多种不同的排列，所以这种型式的软辊压光机目前用得最普遍。图 7-21 为单压区软辊压光机结构示意图。国外软辊压光机主要技术参数见表 7-5。

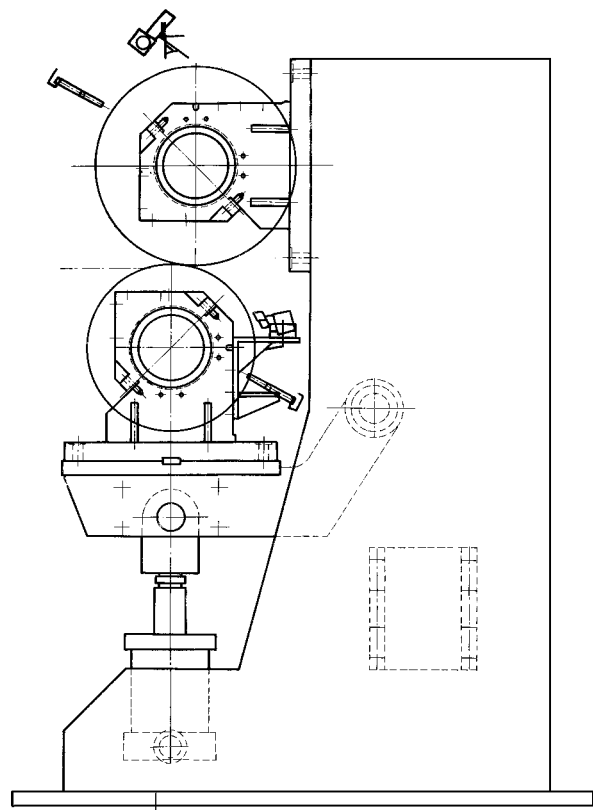


图 7-21 单压区软辊压光机

表 7-5 国外一些软辊压光机的主要技术参数

| 纸 种          | 机内或机外 | 压区数目 | 生产车速/<br>(m/min) | 线压力/<br>(kN/m) | 热辊温度/℃  |
|--------------|-------|------|------------------|----------------|---------|
| 标准新闻纸        | 机内    | 2×1  | 1400             | 70~200         | 70~110  |
| 高级新闻纸        | 机内    | 2×1  | 1200             | 220~350        | 100~130 |
| 高级新闻纸        | 机外    | 2×2  | 1000             | 220~350        | 80~100  |
| MFC（机内整饰涂布纸） | 机内    | 2×1  | 1200             | 150~250        | 70~120  |
| 多层涂布纸，无光泽    | 机内    | 2×1  | 1200             | 30~150         | 纸温      |
| 多层涂布纸，无光泽    | 机外    | 3    | 400~800          | 150~250        | 30~50   |
| 多层涂布纸，有光泽    | 机内    | 2×1  | 1200             | 250~350        | 100~150 |
| 多层涂布纸，有光泽    | 机外    | 2×2  | 1500             | 250~400        | 100~150 |
| 食品纸盒纸板       | 机内    | 1×1  | 500              | 50~150         | 100~150 |



## 四、主要部件

软辊压光机主要由软辊、热辊、液压系统、加热系统、冷风系统、刮刀装置、张力辊、活动弧形辊、导辊、机架以及温度监控装置，张力检测装置及自控系统等组成。

### (一) 软辊

软辊压光机主要特点是采用了包覆特殊包覆层的软辊，软辊一般是由可控中高的浮游辊（宽幅时为分区可控中高辊）外面包覆特殊的包覆层，厚度约包 13mm，有效厚度约为 8.5mm，每次研磨量为 0.3~0.5mm，研磨期一般为半年，因软辊在高线压、高温和高速的复合条件下运行，所以对包覆层材料有特殊要求；主要是耐压、耐磨，发热少，适度的弹性，抗斑痕，使用寿命长等要求，为了防止软辊辊面的损坏，除了用可控中高辊调节压区局部压力避免过热并用其辊内的压力油起循环冷却作用外，还对软辊表面吹冷风、安装温度监控装置，安装张力检测装置等。

包覆层又分底层和可磨层，可磨层厚度一般为 3~5mm，生产涂布纸时约 3 个月磨一次，生产印刷书写纸时约半年磨一次，每次磨去 0.12~0.2mm，磨到不能再磨的时候就需要重新包覆了。包覆层为人工合成弹性材料，目前由奥地利、法国、美国、日本等塑料厂供货。按纸种和压光要求不同，来选择材料及硬度。如 Valmet 用 Dura，可承受 350kN/m 线压及 280℃ 温度。Beloit 用 90 顶尖级 XCC 系列材料，硬度为 88~95 邵尔 D，可承受 350kN/m、230℃。Voith Sulzer 用 Elaplast 及 Top Tec 等材料，可承受 160℃、400kN/m，硬度为 86~91 邵尔 D。Kusters 公司用 KR2 材料，国内西贝厂也用 KR2。国内其他厂也用 MC 尼龙，但其厚度较厚。为保护软辊，软辊内部须通冷水冷却。

### (二) 热辊

热辊已在第二节作了介绍，采用高温的金属热辊是软辊压光机的一大特点。热辊用在软压光机时，如热辊表面温度要求小于 120℃，一般采用热水或蒸汽加热，如温度要求大于 120℃，一般采用电热油来循环加热，目前软辊压光机的热辊表面温度可高达 250℃，压区线压可高达 400kN/m。通过加热辊操作侧的辊轴端的旋转接头的进口，通入流态热介质，传到压区的纸幅，热能在整个压区宽度内均匀分布，冷却后的热介质又通过旋转接头的出口返回加热/冷却系统。这对旋转接头，特别是在导热油温达 180~220℃，车速快转速高时，保证能不泄漏，安全的运行是非常重要的。

不论何种型式的加热辊，在软压光机上使用，均必须满足最基本的条件：①相对应软压光机的车速、幅宽和被压光纸种的加热的供热要求；②保证加热辊面有最均匀的辊面横向温度分布，温差不超过 1~2℃；③在车速较高时，有良好的动平衡性能。

### (三) 冷风系统

冷风系统主要为了保护软辊，一般对软辊辊边进行吹冷风冷却。

冷风系统由风机、过滤器、冷却器、空气喷嘴等组成，冷风温度一般控制在 18℃ 左右，以免过低时易使辊面形成水珠，风机一般布置在隔音的地方以降低噪音。

### (四) 软辊表面温度控制系统

在软辊的两端及中间近辊面处，分别装有红外传感器，用以监测软辊辊面的温度，当温度过高或相邻温差太大时压区自动快速脱开以保护软辊面。所测辊温信号传送至 PLC，以保护软辊辊面不致过热和保持辊面横幅方向避免温差过大。当辊面温差  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  时，软辊两端的吹风嘴打开吹冷风，直至温差为  $0^{\circ}\text{C}$ 。当辊面温差  $\geq 20^{\circ}\text{C}$  时，则先打开降低线压力，若 2s

内温度降不下来,底辊自动分离,当辊面温差 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 时底辊立即分离。

#### (五) 热油及热水系统

对供给软辊压光机上热辊的导热油和热水有一定要求。

(1) 导热油:用于热辊温度在  $100\sim 160^{\circ}\text{C}$  时的加热介质。加热器(油锅炉)是靠电阻棒来加热导热油,电阻棒要有足够的热功率。加热后的导热油,以循环泵输送,流经冷却器,导热油温度控制合适后,再送入热辊,冷却后的导热油再回流至加热器,不断循环运行。加热后的导热油系在常压下循环运行。为此需有膨胀槽补偿导热油热胀冷缩体积的变化,一般采用高位膨胀槽。

(2) 热水:用于热辊温度在  $80\sim 120^{\circ}\text{C}$  时的加热介质。加热器是靠通入一定压力的蒸汽来加热水的热交换器,由循环泵输送流经冷却器(靠冷却水冷却热水),热水温度控制合适后,再送入热辊。为防止热水的沸腾,循环水系统中设有膨胀罐,该罐内装有耐温胶囊,囊内充入一定压力的氮气。使系统中热水有热胀冷缩的余地,封闭的热水循环系统是在有压力的状况下工作的。要求热水是经软化处理后的水质。以防热交换器和系统的结垢。

#### (六) 液压及气压加压系统

软辊压光机的加压系统可分为液压和气压加压,当软辊压光机线压要求不高,且幅宽不大时,可用气压,通常在高线压,高幅宽时使用液压。液压系统在上一节作介绍,对用于软辊压光机回液压系统,由加压液压缸、润滑站、操作台、液压泵、液压站等组成;底辊支座安装在液压缸上,液压缸有单作用的柱塞缸,或双作用的活塞缸。加压时,液压缸带动底辊上升,紧压在顶辊上,根据控制系统设定的液压,产生所需的线压力并可加以调节。底辊上升和下降的时间约为  $20\text{s}$ ,顶辊与底辊的分离距离为  $12\sim 100\text{mm}$ ,在引纸状态时分离距离为  $12\sim 15\text{mm}$ 。一根底辊两侧的两个液压缸要求精度很高的同步行程,为此两液压缸均装有位移传感器,通过 PLC 和液压控制系统来达到。

#### (七) 张力检测装置

两压区之间设有张力辊,其辊承座下装有张力传感器,通过 PLC 来控制两压区主动辊的速差,以保持速度的同步。

#### (八) 机架

用于软辊压光机的机架一样要求强度及刚性好、稳定性好、抗震性好,一般采用型钢焊接式箱形机架,具有定距梁。

#### (九) 刮刀

冷硬铸铁热辊均装有往复移动的刮刀。刮刀角度约为  $30^{\circ}$ ,刮刀线压力为  $0.175\sim 0.30\text{kN/m}$ ,采用电动或气动摆动结构,摆动振次为  $15\sim 20$  次/min,摆动行程为  $15\sim 20\text{mm}$ 。线压力的  $1/3\sim 1/2$  是由刮刀体自重产生,其余线压力由气缸加压,并抬刀。刮刀片材料用厚度  $1.4\sim 2.8\text{mm}$  的玻璃纤维及碳纤维的环氧树脂层压板或者 T8 钢。

软辊配有刮刀,但只在清理辊面时短时间断续使用。

#### (十) 传动装置

热辊和软辊均由单独的电机和电气控制系统传动。活动弧形辊和张力的辊一般也由单独的电机传动。可轴向伸缩的万向联轴节能保证辊子在闭合和脱开过程保持稳定的运行速度。在压区闭合前,要求两根辊面的线速度差必须小于  $0.3\%$ ,否则液压系统将拒绝闭合。可控中高辊的辊芯,在运行时是固定不动的,在辊壳上固定有同步带轮,由电机通过万向联轴节、

同步带轮和同步带,使可控中高辊的辊壳旋转。活动弧形辊则由单独电机通过皮带和带轮,使弧形辊的辊壳旋转。张力辊则通过万向联轴节,由电机带动。

## 五、软辊使用维护要求

①软辊面温度不超过规定的范围或者相邻温差 $\Delta t > 5^{\circ}\text{C}$ 时要求使压区快速自动脱开。②纸张过干时要设消除静电的装置。③严防外来物品进入压区损坏辊面。④必要时用清洗剂洗净辊面。⑤软辊面即使没损坏,作为预防措施要求每三个月研磨一次。⑥应注意软辊的表面温度,特别是两边温度。因两边辊子之间没有纸页作垫层,温度容易升高,每根软辊均配有三只红外线摄像机随时显示出两端和中间的温度情况;便于操作监控。⑦软辊表面温度最高不得超过 $90^{\circ}\text{C}$ ,如高于极限温度在 $5\text{s}$ 内降不下来,辊子会自动分离。⑧上、下辊的速度一定要同步,误差不能超过 $1/1000$ 。⑨备用软辊要专门做个架固定它,使软辊每天不停地转动,以防止变形损坏,冬季软辊存放时,环境温度不能低于 $10^{\circ}\text{C}$ 。⑩水是热辊的加热媒介,对冷却水的要求,夏季最高温度不得超过 $25^{\circ}\text{C}$ ,如夏季水温高于 $25^{\circ}\text{C}$ ,则要考虑对水的冷却问题。⑪软辊是个包胶辊,包胶部分分为二层,在使用过程中,软辊如有损伤,首先要弄清怎样损伤,程度如何,损伤处直径必须小于 $30\text{mm}$ ,深度不能达到底层,否则不能现场维修。

## 第七节 超级软辊压光机 (JANUS)

### 一、概 述

纸机车速的提高,更好的纸品质量,更高的运行效率与降低投资成本等因素产生了对在线多压区软压光机的需求,从而诞生了超级软辊压光机 (JANUS)。

超级软辊压光机是1996年在德国生产的一种新型压光整饰设备,它属于弹性压区压光,具有软辊压光机及超级压光机的综合特点,可以在线进行高质量的压光整饰,可以用来压光铜版纸及超压纸等。原有的超级压光机采用纸粕辊,由于纸粕辊需要定期跑合复苏,所以只能用于机外,不能连续作业,因而生产效率比较低,生产成本提高,并且纸粕辊昂贵,又易损坏、维护较为复杂。虽然后来开发成功的软辊压光机有许多优点,并能在线高速运行,但是相比超级压光机而言,对于整饰某些纸种如高级铜版纸、超压纸等,其压光效果就相对差些,为了代替机外超压工序以减少工序产生的断纸损失及减少投资并能在线高速高质量压光,所以在综合了超压机及软辊压光机的优点并解决了相应的高速引纸等技术难点后,开发研制成了超级软辊压光机。

超级软辊压光机的压区数一般为 $4\sim 11$ 个,线压力可高达 $400\text{kN/m}$ ,在线运行车速可达 $1500\text{m/min}$ ,压光效果可达到机外超级压光机的性能指标。

超级软辊压光机除了可以在机内或机外超压来压光高级铜版纸及其他轻涂纸外(国内晨鸣纸业引进了超级软辊压光机用于铜版纸及轻涂纸压光),还可用来在线压光超级压光纸(SC纸)。

超级压光纸简称SC纸,在欧洲也称杂志纸,是一种以机械浆为主的非涂布印刷纸,定量 $40\sim 65\text{g/m}^2$ ,质量介于新闻纸和轻量涂布纸(LWC)之间,SC纸的特点是填料含量高,一般为 $20\%\sim 30\%$ ,纸页经过超级软辊压光机压光整饰后,具有高的平滑度和光

泽度，SC 纸和 LWC 纸的区别是 SC 纸的填料分布在浆料中，而 LWC 纸的涂料集中在纸页表面。

目前国内石硯纸厂以及山东华泰纸业已引进了国外超级软辊压光机用于 SC 纸生产，近两年 SC 纸在西欧出现了强劲发展势头。因 SC 生产成本比 LWC 纸低 20% 左右，用了超级软辊压光机后，超压纸的性能质量可以赶上 LWC 纸，所以超级软辊压光机必将越来越多地应用于造纸行业。

市场要求超级软辊压光机能在线压光、更高的车速、更宽的纸机、更好的质量、操作简便，维护方便。

## 二、工 作 原 理

超级软辊压光机是软辊压光机类型中的一种特殊形式，其压区属于弹性压区压光。超级软辊压光机采用高温热辊及特殊软辊组成的压区，用 4~11 个压区在高线压下整饰其压光过程中弹性软辊，把纸页的高低部分压贴在平滑的金属热辊面上，因软辊在压区中有微小的压缩变形，因而其半径有变化，在保持线速度一致的情况下，角速度有变化，即有相对滑动，经高温压区受热变软的纸页，经过压光过程中的剪切和搓动，使纸的紧度趋于一致，并使得接触金属热辊的纸面具有非常精致的平滑表面，使纸幅有非常均匀的细微平滑度，消除了色斑和纸张压黑等纸病，使纸张的印刷性能大大改善与提高。

根据上述，由此可见超级软辊压光机不但具备了软辊压光的特点，以及软辊压光机的在线运行优点。并且具有压区相对多，压光效果与超级压光机相同的压光效果，因而超级软辊压光机是软辊压光机及超级压光机的优势叠加产品，是压光整饰效果及在线运行性完美结合的新产品。它是压光整饰设备的主要发展方向，是提高纸成品的质量及档次的一种最有效、最直接的措施。

## 三、主 要 类 型

图 7-22 为压光机的演变示意图，超级软辊压光机压区数一般为 4~11 个，排列方式有许多种。图 7-23 所示为首台超级软压光机。

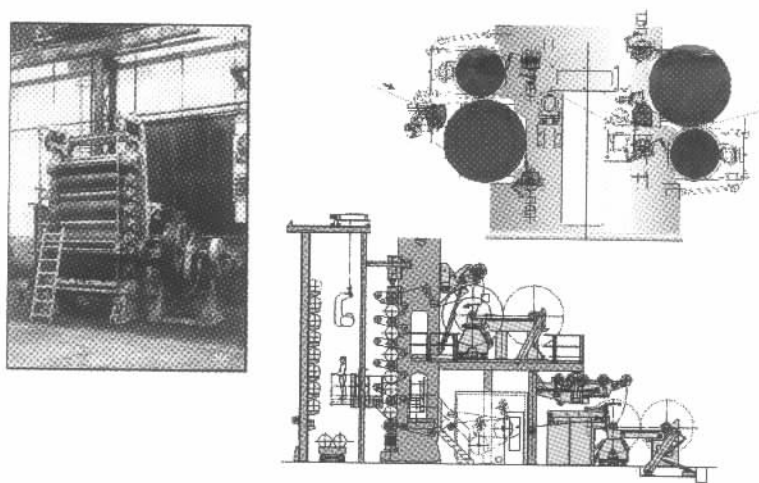


图 7-22 压光机的演变

图 7-24 为直立机架双排形式的超级软压光机，用于日本王子公司生产涂布纸。

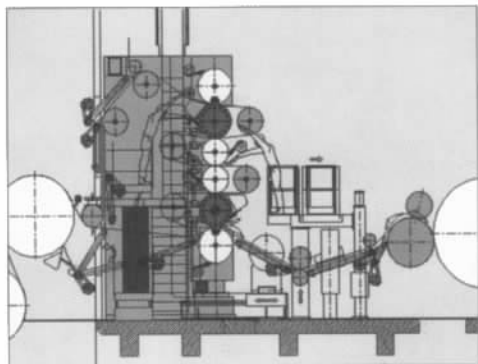


图 7-23 首台超级软压光机

|              |                          |
|--------------|--------------------------|
| 车速 1450m/min | 线压 350kN/m               |
| 热辊表面温度 170℃  | 型式 1×6                   |
| 生产新闻纸和超压纸    | 定量 45~55g/m <sup>2</sup> |
| 平滑度 1.6μs    | 光泽度 36%                  |

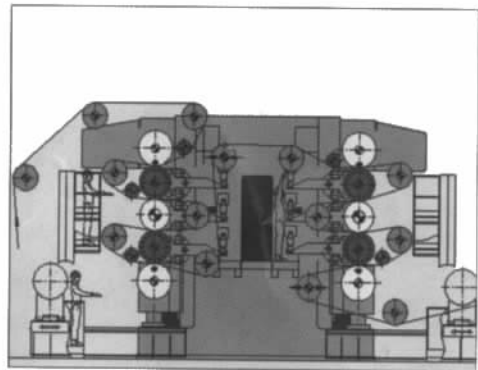


图 7-24 用于日本王子公司的 JANUS

|              |               |
|--------------|---------------|
| 排列型式 2×5     | 线压力 450kN/min |
| 车速 1600m/min | 幅度 7430mm     |
| 热辊温度 140℃    |               |

为了纸幅更平稳的运行，安全快速的引纸，无震动运行，极好的压光效果，快速安全的换辊，操作简便，维护方便，开发了图 7-25 所示的第二代超级软压光机。

图 7-26 为山东晨鸣纸业集团引进的超级软压光机。

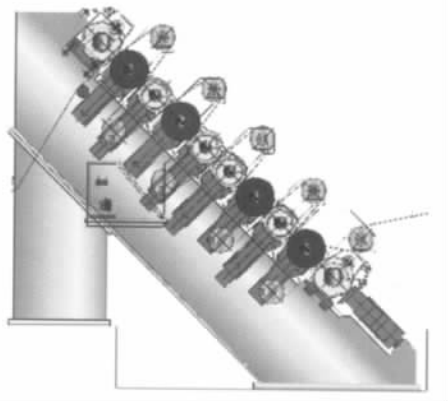


图 7-25 第二代 JANUS

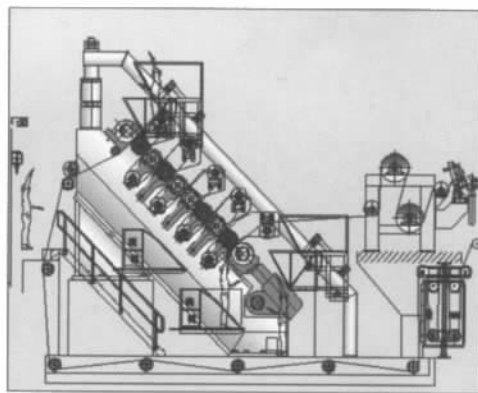


图 7-26 山东晨鸣纸业引进的超级软压光机

|            |              |
|------------|--------------|
| 型式 1×10    | 机外整饰         |
| 纸种：铜版纸及轻涂纸 | 线压：300kN/min |
| 幅度：4550mm  | 热辊温度 140℃    |

图 7-27 为国内首台自行设计生产的超级软辊压光机。

图 7-28 为第二代超级软压光机换辊示意图，图中可见换辊相当简便。

#### 四、主要结构组成

超级软辊压光机，主要由热辊、软辊、机架、高速引纸装置、液压系统、供热系统、冷风系统、舒展辊、张力辊、导辊、释压装置，压辊助动装置等组成；并安装有温度监控系统，刮刀装置，底辊加压装置，快速脱辊装置、润滑油系统等组成。

热辊、软辊、液压系统、冷风系统、传热系统等均在前面章节中作了介绍，在此就不再

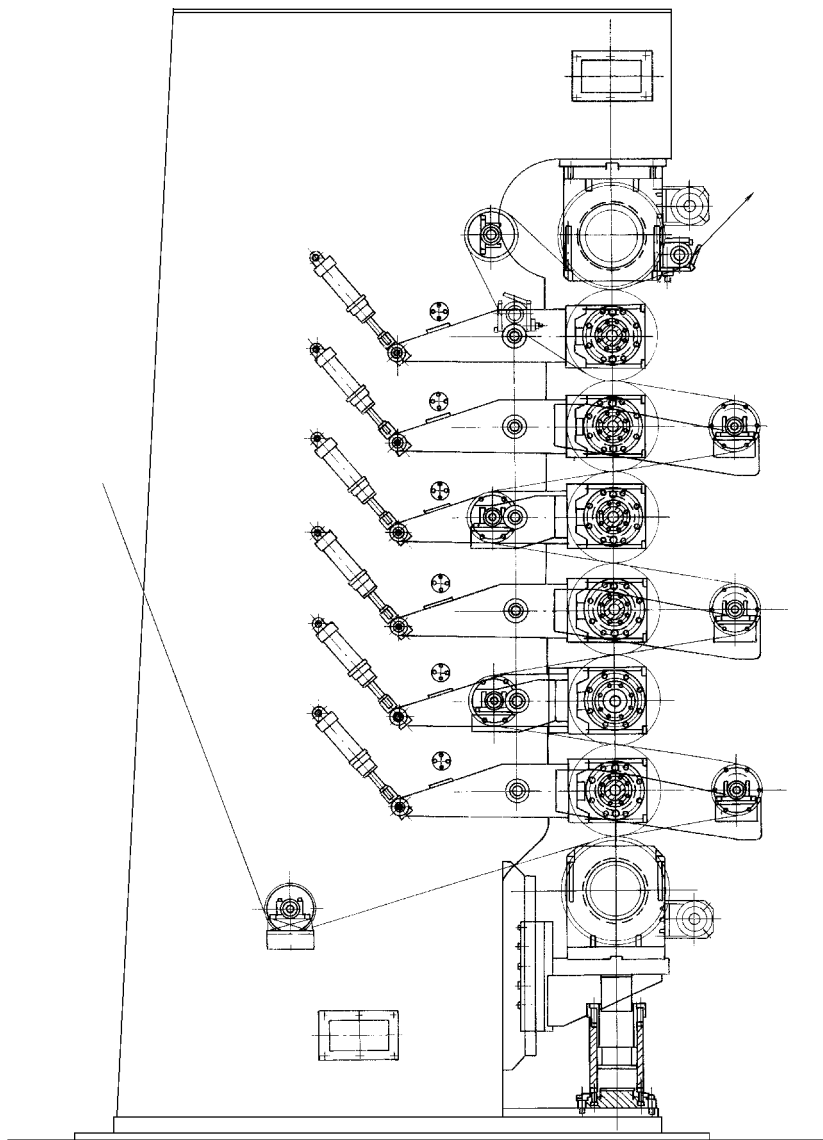


图 7-27 国内首台自行设计生产的超级软辊压光机

型式:  $1 \times 8$       机外整饰      轻涂纸      幅宽: 2730mm  
 线压: 350kN/m      车速: 800m/min      辊温度: 140℃

重复, 下面主要对用于超级软压光机的辊组、机架、加压系统、引纸系统等作简要说明。

#### (一) 辊组

超级软辊压光机的辊组一般由 4~11 个压区组成, 有顶辊、底辊 (宽幅时一般为可控中高辊)、热辊、软辊、引纸辊、舒展辊、弧形辊、张力辊等组成, 并配有助动装置、安全杆装置等。

除了顶辊和底辊, 其余中辊一般都固定在与机架相连的杠杆上, 加压一般采用底辊向上加压的形式。各中辊采用释压装置以平衡自重, 并且配有压辊助动装置。

#### (二) 机架

压光机机架采用型钢焊接结构, 加上定距梁就形成了一个刚性机架, 整个机架的设计和

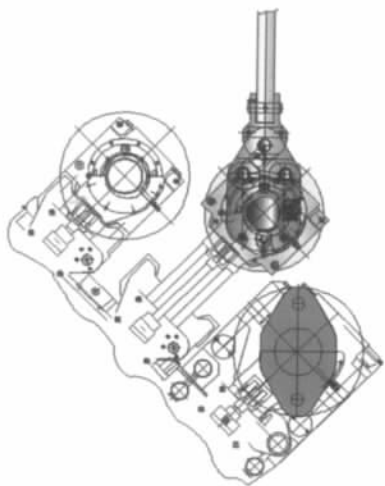


图 7-28 第二代超级软压光机换辊示意图

刚性结构都是为了达到最佳的强度和固有振动频率，并便于操作，便于维护，使机架震动最小。

### （三）加压系统

压光机的加压由底辊通过液压缸来进行，为了保证同步两侧液压缸装有位移传感器。实际的压区载荷是由辊组底部的加压油缸产生的。在正常的超级压光中在每个压区中都有相同的线压。所有中间辊都有相同的挠度，顶辊和底辊也可以控制到和中间辊相同的弯曲曲线。因此，压区载荷平均分布在每一个压区中。

在断头时，排油阀门和排泄油缸迅速打开，这样辊组分离系统在收到断纸信号后 0.5s 内，就可以迅速分离辊组。这有助于保护塑包软辊免受破坏和磨损。

底辊在任何运行条件下都保持在水平位置，有一个专门的液压单元来控制压光机的压区载荷。

### （四）引纸系统

在线的超级软压光机其工作车速高，引纸车速等同于工作车速，其引纸采用引纸绳装置或者采用真空负压引纸器与引纸绳系统相结合的引纸形式。

引纸绳系统安装有自己的可调速传动系统，它可以把引纸绳升速到工作车速，引纸绳滑轮是自由滑轮，因此在正常运行期间，引纸系统可以停下来。引纸绳系统包括气动引纸绳张紧装置。

真空负压引纸器的工作机理是高速流动的空气使引纸器内产生负压真空，把纸幅拉贴在引纸器的转动履带上传递，起到引纸作用。

## 第八节 卷 纸 机

### 一、概 述

卷纸机位于造纸机的末端，用来把纸幅卷成纸卷，卷纸机的性能好坏，直接影响纸的卷取紧度及质量，并影响纸的贮存和下一步的加工性能。

卷纸机是造纸机的一部分，其性能好坏直接影响造纸机的生产效率。

卷纸机按照卷取原理分为轴式卷纸机及圆筒式卷纸机两大类。大多数纸上采用圆筒卷纸机，它操作方便、能卷取较大直径的纸卷。在较低车速或者涂布机上也有采用轴式卷纸机的，轴式卷纸机可借改变纸幅张力来调整卷取的紧度，卷取纸卷直径较小，所以在低速的、对调整纸卷紧度要求较高的而特别是需要松卷纸卷的造纸机上，或者需要在造纸机上把纸幅纵切成两个或多个纸卷时，仍多用轴式卷纸机。

在轴式卷纸机卷取纸幅时，每幅纸至少要配用两套卷纸机构及两个卷纸轴，以便轮流使用。

### 二、影响卷取质量的因素

卷纸质量的要求是纸卷达到均匀的紧度，太松的纸卷在保存时容易变形、容易在卷纸轴上产生位移，在复卷机上复卷该种纸卷时，由于回转不均匀有震动，纸幅所受拉力不一致，

从而增加纸幅断头的机会，如纸卷卷得过紧在纸幅中产生很大的拉力，退纸时就会使纸幅弹性变形小也会增加断头机会。

以缠卷成纸卷的纸层之间的比压 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ ) 来表示卷纸紧度是较正确的，紧度区分为内紧度和表面紧度。内紧度是以在较厚的纸卷中纸层之间形成的径向压力表示。而表面紧度则以在缠卷时上层纸作用于下一层纸的径向压力表示。卷取质量的指标应该是内紧度。表面紧度在数值上等于纸幅张力与卷绕半径之比。如要保证表面紧度沿纸卷半径方向均匀一致，则纸幅张力随纸卷半径的增加成正比地增加。

由于表面紧度与内紧度之间的数学关系很复杂，内紧度通常是按试验方法决定。为此在卷取过程中从纸卷端面把一些薄钢片（厚  $0.01 \sim 0.03\text{mm}$ ）插到  $80 \sim 100\text{mm}$  深度。在卷取完毕后用测力计拔出这些薄钢片而得出所需用的力  $F$ 。则内紧度等于：

$$p = \frac{F}{2fbL} \quad (\text{N}/\text{cm}^2) \quad (7-6)$$

式中  $f$  —— 纸片薄片间的摩擦因数（通常  $f = 0.1 \sim 0.15$ ）

$b$  —— 薄片宽度， $\text{cm}$

$L$  —— 薄片插入部分的长度， $\text{cm}$

试验结果表明：在纸卷中任一层的内紧度，仅与其以后缠卷的为数不多（ $10 \sim 60$ ）的纸层有关。

在轴式卷纸机上，卷纸紧度决定于卷纸机前的纸幅张力。在一定范围内，张力越大卷纸紧度越大。在圆筒式卷纸机上，卷纸紧度主要决定于纸卷与卷纸缸之间的线压力，其次在较小的程度上决定于卷纸机前的纸幅张力和纸卷与卷纸缸之间的压区中的纸卷径向变形量。纸卷径向变形量除与线压力有关外，跟纸卷的弹性模数以及纸卷和卷纸缸的直径也有关。

卷纸机必须满足的运转过程可用两个独立的方程式表示：

卷取所需的力矩  $M$ ：

$$M = Fr \quad (7-7)$$

式中  $F$  —— 纸幅张力， $\text{N}$

$r$  —— 纸卷半径， $\text{m}$

卷纸轴运动的转速  $n$ ：

$$n = \frac{v}{2\pi r} \quad (7-8)$$

式中  $v$  —— 纸幅速度， $\text{m}/\text{min}$

卷纸机一般要满足两个要求：一是卷取过程中从始到终必须保持纸幅的张力稳定，这是最重要的，也就是说卷取所需的力矩随纸卷半径增大而成比例地增大。另一个是卷取线速度保持稳定，也就是卷纸轴转速随着纸卷半径增大而降低。此外还必须满足作用力等于反作用力这个平衡条件，也就是卷取电动机的强制拉力等于压光机或退纸卷的制动拉力。

由于纸幅张力  $F$  和纸幅速度  $v$  等于常数，因此卷纸的有效功率  $P$ ：

$$P = M\omega = Fv = \text{常数} \quad (7-9)$$

式中  $\omega$  —— 卷纸轴的角速度， $\text{rad}/\text{s}$

### 三、轴式卷纸机

#### （一）概述

轴式卷纸机中，纸幅卷套装在芯轴上的卷芯或是特定的卷纸轴上，由传动装置带动旋转



缠绕成卷，为了能连续地卷纸，机上至少要有两套卷芯轴以备交替缠卷。如图 7-29 为轴式卷纸机简示图。

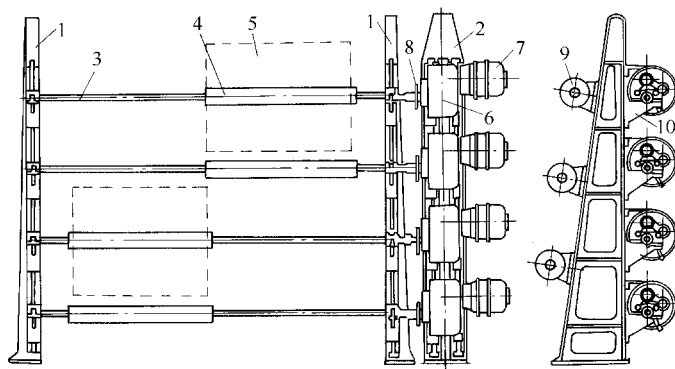


图 7-29 轴式卷纸机简示图

1—机架 2—传动侧机座 3—卷芯轴 4—纸卷芯 5—纸卷  
6—减速箱 7—电动机 8—离合器 9—引纸辊 10—轴承座

卷纸轴转速

$$n = \frac{v}{2\pi r} \quad (7-10)$$

在卷取过程中，纸卷的体积  $V$  在  $dt$  时间内改变的数值：

$$dV = 2\pi r d r b = dL \delta b \quad (7-11)$$

式中  $b$  ——纸幅的宽度，mm

$\delta$  ——纸的厚度，mm

$dL$  ——长度的增量，mm

$r$  ——正在卷取的纸卷半径，mm

随着纸卷半径的增大，从卷纸轴传给纸卷表面的力矩需要增大。

为了在轴式卷纸机的卷取过程中变更卷纸轴的转速，应装有机械的或液压的摩擦离合器或液压电动机，也可采用变速电动机由各种控制电路或电子计算机等来调节其转速。

## (二) 轴式卷纸机的结构

早先的轴式卷纸机是采用机械式摩擦离合器。

它是利用改变摩擦盘的压力产生不同的滑动而变更卷纸轴转速的。皮带轮由电动机带动，线速度固定不变。随着纸卷直径的增加，减小摩擦盘的压力，打滑量增大，因而卷纸轴的转速降低。卷纸轴皮带轮是用滚动轴承装在轴上，以主动皮带轮通过皮带来带动它转动。由作用于皮带轮辐板端面上的摩擦力矩带动摩擦盘旋转，再通过联轴器带动卷轴旋转以卷取纸幅。采用不同的摩擦片材料可传递大小不同的摩擦力矩。

卷纸机使用摩擦离合器对保持纸幅恒定的张力是不理想的。离合器的摩擦表面的摩擦系数随着不同的温度、速度和压力而变化，由此而影响纸幅的张力，不容易保持卷取过程运行条件稳定。此外对于双轴或多轴的连续卷取作业时，因离合器的条件不一样而导致卷取条件不同。

目前较新式的轴式纸卷纸机的卷径测量及紧度控制、张力控制、摩擦阻力补偿控制均由电气传动部分的软件来完成，或者采用软特性的直流电动机或用功率反馈自控系统来配备轴式卷纸机。

轴式卷纸机产品系列如表 7-6 所示。

表 7-6

轴式卷纸机产品系列

| 型号             | ZZ1           | ZZ2           |
|----------------|---------------|---------------|
| 项目             |               |               |
| 公称宽度/mm        | 1880          | 1880          |
| 最大纸幅宽度/mm      | 2200          | 2200          |
| 纸卷最大直径/mm      | 600           | 600           |
| 车速/(m/min)     | 25~87.5       | 20~100        |
| 轨距/mm          | 2700          | 2700          |
| 外形尺寸(长×宽×高)/mm | 838×3415×2150 | 733×3952×1800 |
| 质量/kg          | 1200          | 1639          |
| 排列方式           |               | 分左、右手         |

## 四、圆筒卷纸机

### (一) 概述

圆筒卷纸机属于表面卷取方式，被卷的纸卷被压靠在被驱动的卷纸缸上借摩擦力带来卷纸，卷纸缸面的线速恒定，使纸卷有均匀的卷取紧度。

圆筒卷纸机结构如图 7-30 所示的几种形式。

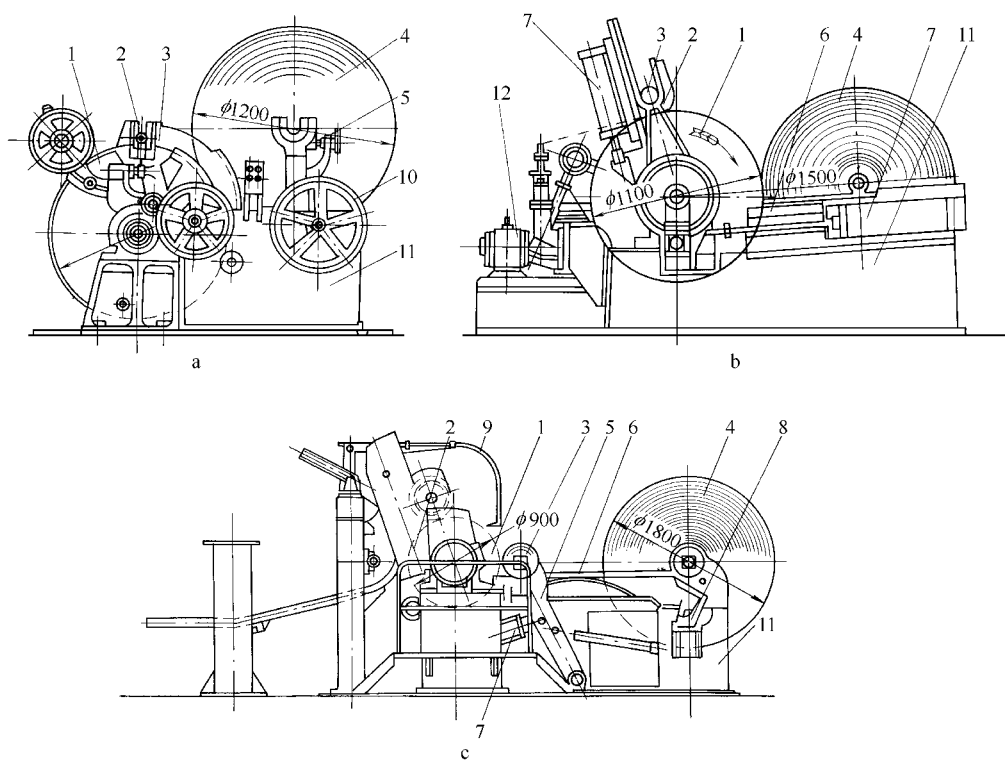


图 7-30 圆筒卷纸机

a—摆臂式 b—导轨式 c—改进的导轨式

1—卷纸缸 2—初卷臂 3—卷纸辊 4—纸卷 5—成卷臂 6—卷取轨道 7—压缸  
8—制动装置 9—吹风管 10—移送纸卷装置 11—机架 12—手轮

（二）工作原理

圆筒式卷纸机借纸卷与卷纸缸压区中的摩擦力而使纸幅产生张力，纸卷的质量是半径和纸幅特性的函数，当纸幅张力不变时，则所需力矩  $M$ 。

$$MO= QrO=常数$$

由于这种卷纸方式惟一依靠表面摩擦力工作，所以可以按照卷纸的实际需要，立即产生最大的可以达到的张力。

（三）主要类别

圆筒卷纸机分为摆臂式（如图 7-30a）、导轨式圆筒卷纸机（如图 7-30b）及导轨改进式圆筒卷纸机（图 7-30c）。

1. 摆臂式卷纸机

摆臂式圆筒卷纸机如图 7-30a 所示，由卷纸缸、初卷臂、成卷臂、卷纸辊架、摆臂摆动装置和机架等组成，其卷纸缸的驱动都包括在所在的机组如造纸机，涂布机等传动系统之内，大型的卷纸机都配有空卷纸辊助动装置。纸卷辊在初卷臂内压在卷纸缸上，纸幅被引到辊上开始卷纸，当纸卷达到一定的直径时，初卷臂被摆动装置的手轮摆到规定位置上，纸辊使卷转移到成卷臂上继续卷纸，纸卷达到规定直径后，操作者打断纸幅，使纸幅卷绕到位于初卷臂中的空纸辊上，用手轮摆动成卷臂，使纸卷脱开卷纸缸，并用棘轮棘爪使成卷臂定位制动，再把纸卷吊走。这种卷纸机上，纸卷同卷纸缸间的线压随被卷纸的质量之增大和摆臂位置的变化而改变，压区压力为：

$$p_n=\frac{\cos(W_p+W_r)}{\sin(\alpha+\beta)}$$
 (7-12)

式中  $\alpha, \beta$ ——摇臂位置所决定的夹角是随时间变化的，(°)

$W_p$ ——纸卷的重量，它是时间的函数

$W_r$ ——卷纸辊的重量

$p_n$ ——随时间变化的变量，它将使纸卷内外松紧不一，且无法调节

国产摆臂式卷纸机的规格如表 7-7 所示。

表 7-7 国产摆臂式圆筒卷纸机规格

| 型号或图号        |      | ZU1      | ZU2    | ZU3    | LZ1205  | ZU4      |        | ZU5    | ZU6        | ZU7   |
|--------------|------|----------|--------|--------|---------|----------|--------|--------|------------|-------|
| 公称宽度/mm      |      | 1092     | 1180   | 1575   | 1575    | 1760     | 1880   | 2184   | 2362       | 3150  |
| 工作速度/(m/min) |      | 40~120   | 40~120 | 40~120 | 40~120  | 40~120   | 40~120 | 40~120 | 40~120     | 440   |
| 最大纸卷直径/mm    |      | 1200     | 1200   | 1200   | 1200    | 1200     | 1200   | 1200   | 1200(1600) | 2000  |
| 卷纸缸直径/mm     |      | 900      | 900    | 900    | 900     | 1100     | 1100   | 1100   | 1100       | 1100  |
| 卷纸辊直径/mm     |      | 157      | 157    | 157    | 157     | 156      | 157    |        | 190        | 399   |
| 轨距/mm        |      | 1900     | 2000   | 2400   | 2400    | 2600     | 2700   | 3150   | 3400       | 4300  |
| 外形尺寸         | 长/mm | 1900     | 1950   | 1990   | 2200    | 2300     | 2300   | 2000   | 2300       | 3560  |
|              | 宽/mm | 2600     | 2665   | 3070   | 3300    | 3590     | 3690   | 4165   | 4150       | 6050  |
|              | 高/mm | 1300     | 1350   | 1350   | 1500    | 2010     | 2010   | 1392   | 1540       | 2340  |
| 设备质量(kg)     |      | 3860     | 3415   | 4460   | 5000    | 5335     | 5931   | 7455   | 6800(8700) | 22960 |
| 备注           |      | 主要用于文化用纸 |        |        | 主要用于卫生纸 | 主要用于文化用纸 |        |        |            |       |

## 2. 导轨卷纸机

图 7-30b 所示的导轨式圆筒卷纸机，其卷取中的纸卷轴承被支承在与水平成  $4^\circ$  的倾斜导轨上移动且受到气压缸的压力，因而大大减轻了纸卷自重对卷纸紧度的影响。由于轨道朝卷纸缸下倾的小小角度，纸卷质量仍要影响纸卷与缸之间的线压力。如图 7-30c 为导轨改进式圆筒卷纸机，导轨工作段是水平面，在其作业程序中，空卷纸辊放入设有双作用压力缸的初卷臂中，气缸夹紧卷纸辊使卷纸辊与卷纸缸之间产生所需的线压力。初卷臂由电机驱动旋转，到规定的位置上由鹅颈引纸器引纸上辊，卷到一定直径后由限位开关控制初卷臂旋转使卷纸辊移到导轨上继续卷纸，借导轨旁的气压缸使卷纸辊压在卷纸缸上，并保持恒定的线压力。这种卷纸机还采用程序控制系统按引纸、上卷、卷纸及移动纸卷等顺序实行连续动作。

国产导轨式圆筒卷纸机产品系列如表 7-8 所示。

表 7-8 国产导轨式圆筒卷纸机产品系列

| 型号或图号        |      | SQZ12135 | XQZ124 | SQZ12111    | SQZ12110 | XQZ123 | SQZ12131 | SQZ122 | LZ1129 | ZU13  | SQZ12138 | LZ1227 |
|--------------|------|----------|--------|-------------|----------|--------|----------|--------|--------|-------|----------|--------|
| 公称宽度/mm      |      | 1600     | 1760   |             | 1880     | 2040   |          | 2362   | 2400   | 2640  | 3200     |        |
| 工作速度/(m/min) |      | 300      | 300    |             | 300      | 300    |          | 300    | 165    | 500   | 200      | 250    |
| 最大纸卷直径/mm    |      | 1600     | 1500   | 1600        | 1600     | 1500   | 1600     | 1500   | 2000   | 1800  | 2000     |        |
| 卷纸缸直径/mm     |      | 1100     | 1100   |             | 1100     | 1100   |          | 1100   | 900    | 900   | 1100     | 900    |
| 卷纸辊直径/mm     |      | 190,240  | 270    | 190,240,296 | 190,240  | 320    | 240      | 320    | 395    | 400   | 399      | 395    |
| 轨距/mm        |      | 2800     | 2850   | 2900        | 3000     | 3060   | 3200     | 3400   | 3700   | 3700  | 4400     | 4500   |
| 外形<br>尺寸     | 长/mm | 3300     | 3600   | 3300        | 3410     | 3600   | 3300     | 3600   | 3800   | 6030  | 4500     | 3800   |
|              | 宽/mm | 4180     | 4080   | 4280        | 4380     | 4340   | 4600     | 4680   | 4600   | 6580  | 5800     | 5400   |
|              | 高/mm | 1950     | 1770   | 1950        | 1950     | 1770   | 1950     | 1770   | 2850   | 2700  | 2600     | 2850   |
| 设备质量/kg      |      | 11580    | 10770  | 11600       | 11830    | 11267  | 12800    | 11960  | 12072  | 25200 | 28000    | 12854  |

### (四) 圆筒卷纸机的结构

圆筒卷纸机主要由叉臂（亦称初卷臂）传动，叉臂装置，卷纸缸，加压装置、卷纸辊、机架、助动装置、卷纸辊架、辊子转移装置及压缩空气系统等组成。

(1) 叉臂传动。本部分包括齿轮摩擦片离合器、电机及底轨三部分，齿轮摩擦片离合器是由弹簧压在一起的，弹簧压力预先调定，即叉臂转到水平时力矩最大。

(2) 叉臂。叉臂及扇形齿轮组合安装在轴承座上，叉臂与铅垂面夹角  $10^\circ$  左右时，在此卷纸辊被加速，再转约  $21^\circ$  左右，辊与缸接触后才开始卷纸。叉臂上装有带开关型气缸，通过缸控制压块压紧或松开辊轴承，叉臂旋转的各位置均由接近开关控制。

(3) 卷纸缸。卷纸缸两侧轴的材料为 45# 钢，采用双列向心球面滚子轴承，缸的冷却水由管接头及气水进入管上的孔进入，循环水的排放由气管通入压缩空气从与缸同步旋转的排水斗排除。

(4) 加压装置。主加压动作是由加压气缸完成的。它带着摇臂来回摆动，摇臂带动压轮压紧辊轴承，即卷有纸幅的辊与缸之间产生压力，其值由气缸进气压力定，当纸卷规格达标后，推出气缸进气，装在连接板上的滚轮压紧辊轴承，同时纸卷加压气缸推开，压轮离开卷纸辊，推纸气缸动作，收紧活塞杆，推离纸卷，使纸卷沿导轨行至端处，止动气缸开始动作，收紧活塞杆，使止动瓦抱住卷纸辊，使之停止转动。

(5) 卷纸辊。卷纸辊筒由无缝钢管制成，两边闷头与轴采用过盈配合，传动侧装有钢制

花键连接盘，可与复卷机、切纸机等设备的联轴器连接。

(6) 机架装置。两侧箱座一般为铸件，加压气缸固定在横穿箱座的轴上，横梁为钢焊接结构，其与箱座等用螺栓连接，止动气缸用支座安在横梁上，在卷纸过程中，辊轴承外壳在导轨上滑动，导轨与横梁用螺栓固定并用圆锥销定位。导轨上安有缓冲器。横梁、立柱均采用矩形钢与钢板焊接。

(7) 压缩空气系统。本系统包括控制台及接气管路两部分。

(8) 辊子转移装置。辊子转移装置，把卷纸辊吊在龙门机架上，待需要时，由气缸推动机械手往上接辊，机架上两个放辊气缸各放一辊，即回位，机械手接到辊后，接辊气缸慢慢收回活塞杆，把卷纸辊放入叉臂内，完成接辊动作。

(9) 辊子助动装置。助动气缸及助动轮胎的连接板均与机架铰接，助动轮胎由减速电机带动。

## 第八章 切纸机及复卷机

### 第一节 切 纸 机

#### 一、概 述

在市场上，书写纸、高级印刷纸、包装纸、粗包装纸及其他一些纸种都是生产成平张销售的。卷筒形的纸幅是在切纸机上被切成平张的。纸幅在造纸机以后或是复卷分切或是经超级压光以后送到切纸机去切成平张。

切纸机按其工作原理可分为两种型式：闸刀式和回转式（刀辊式）。闸刀式切纸机用于把尺寸较大的平张纸切成较小的尺寸。回转式（刀辊式）切纸机用于把卷筒纸加工成不同规格的平张纸。造纸厂的完成工段多配备有回转式（刀辊式）切纸机，如若需要尺寸精度高的平张纸的造纸厂和印刷厂，则配用闸刀式切纸机把纸沓切边或切成各类规格尺寸的平张纸。闸刀切纸机已被回转式（刀辊式）切纸机逐渐取代，已很少使用，这里就不再讨论。

回转式（刀辊式）切纸机可连续送纸并在纸幅运动时切纸。由于送纸及切纸装置的运动是连续的，故其结构较为简单而工作条件较好，生产能力较闸刀切纸机大 5~7 倍，而有些回转式切纸机能同时裁切两种长度规格，因此回转式切纸机被广泛地应用。

切纸机应保证成纸规格的高度精确，保证成纸的方正度和整齐的堆纸成垛。成纸切长和方正度误差一般要求应不大于公称尺寸的  $\pm 0.2\%$ 。

回转式（刀辊式）切纸机按横切机构的不同有两种基本形式：①单辊刀切纸机，又称甩刀式切纸机。它的横切装置有一把转动的辊刀，对着一个固定的底刀来剪切纸幅。②双辊刀切纸机，又称同步辊刀切纸机。它的横切装置用两把机械的同步旋转的辊刀剪切纸幅，其切纸速度与切纸长度无关，切纸定量最大可达  $3000\text{g/m}^2$ 。

辊刀切纸机按所配备的横切机构的数目又分为单组的、双组的和三组的等，每组横切装置可同时各切一种长度尺寸的纸张，这样双组横切装置可同时切出两种切长规格的纸张，依此类推，一般以配备单组及双组横切装置的辊刀切纸机为最多见。分别见图 8-1、图 8-2。

在单组辊刀切纸机上，可有 4~20 个纸卷的纸幅同时绕过两个引纸辊，进入纵切机构，

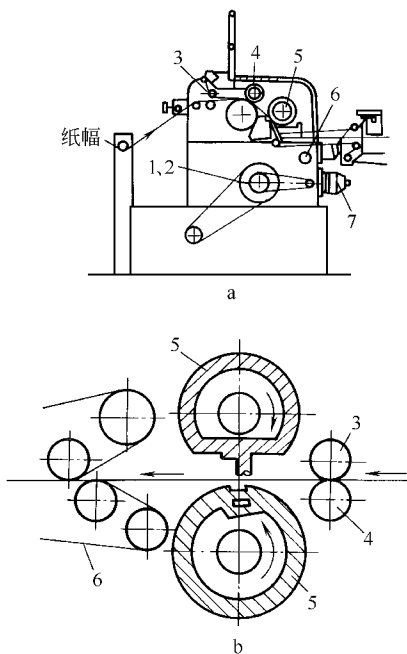


图 8-1 单组单辊刀 a 和单组双辊刀 b 的横切装置

- 1、2—主传动及无极变速箱 3—纵切装置  
4—送纸辊 5—横切装置 6—送纸带  
7—主送纸带传动

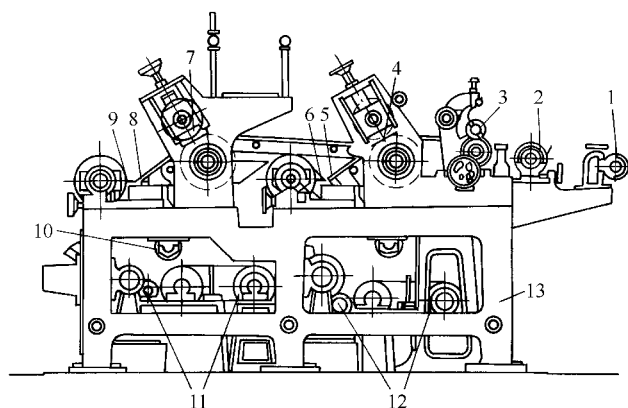


图 8-2 双组单辊刀的横切装置

- 1、2—1#、2# 引纸辊 3—纵切装置 4、7—1#、2# 送纸辊  
5、8—横切底刀 6、9—辊刀 10—出纸传动辊  
11、12—2#、1# 变速系统 13—机架

再进入送纸装置和横切机构，纸幅在横切刀下被横向切断后成为平张，落到位于横切刀下的送纸带上。送纸带包括高速带、低速带和压纸带组。高速带一直延伸到横切底刀之下，压纸带则延伸到尽可能接近辊刀附近，以便压住纸幅使其在拉紧状态下切断。切断的纸张在上、下带的作用下一直送到接纸台。

在双组辊刀切纸机上，可有 4~20 个纸卷的纸幅同时绕过两个引纸辊，进入纵切机构，在该处裁切成宽度符合需要的纸带，然后纸带被引上第一道送纸辊。为了把纸切成两种长度不同的规格，一部分纵向的纸带进入第一道横切装置，而在该处被横向地切断成一种规格。应该切成另一种规格的其余的纸带则在上方绕过第一道横切刀而引向第二道送纸装置，再进入第二道横切装置。在第一道及第二道横切装置上切下的纸张，落到位于横切刀下的第一送纸带（高速带）上。第一送纸带的线速度比纸速快些，纸张就以不大的间距沿长度方向在送纸带上铺开。纸张再由第一送纸带传递到速度比它慢的第二送纸带（低速带）上，这样使纸张在第二送纸带上搭接地堆垒起来，即后切下来的纸张以其一部分长度盖在先切下来的纸张之上。第二送纸带的速度随切纸机的速度在 1:4 的范围内调节，这就可在很大范围内改变纸张的搭接长度。由于第二送纸带上搭接放置的纸张的运行速度较小，其惯性力也较小，因而便于在垛纸器（接纸台）上堆成纸垛。

因为要吊装退纸纸卷及移出切好的纸垛，切纸机的工作就被打断，通常切纸机的有效时间系数为  $\eta$ ，一般  $\eta=0.4\sim0.6$ ，随纸的质量、原纸卷中的断头数量及吊装纸卷和移出纸垛的机械化程度而变化。

辊刀切纸机能够同时切 4~2 个高级纸纸卷或 16~20 个包装纸与薄页纸卷。同时裁切的纸幅总定量为：书写纸和文化纸为  $500\sim600\text{g/m}^2$ ，包装纸和粗包装纸则为  $1000\sim1200\text{g/m}^2$ 。

切纸机的幅宽一般都与造纸机的幅宽相适应，一般不超过 4600~5000mm。不带搭接堆纸的切纸机的车速不超过 80~100m/min，而在第二送纸带上有搭接堆纸的切纸机的车速可达 180 m/min，自动化程度高的同步辊刀切纸机车速可达 300m/min 或以上。车速与切纸长度几乎无关，仅在切纸次数很大（每分钟超过 250~300 次）的情况下车速才要降低一些。

切纸机工作车速的调节范围通常为 1：4 或 1：6，其引纸车速为 10～20 m/min。

切纸长度可以在 400～1600 mm 的范围内均匀改变，最常用的切纸长度规格为 550～1300mm。切纸的宽度则决定于切纸机幅宽和纵切刀的配置位置，可以由最小值（200～300 mm）改变到最大值即纸幅的全宽。

表 8-1 及表 8-2 为国产单组单辊刀切纸机（单刀切纸机）和双组单辊刀切纸机（双刀切纸机）的主要技术特征。

表 8-1 部分国产单组单辊刀切纸机（单刀切纸机）的主要技术特征

| 型 号<br>项 目   | ZWQ4     | ZWQ5     | ZWQ7     | H1760/150 | H2640/150 |
|--------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 公称切宽/mm      | 1092     | 1575     | 2362     | 1760      | 2640      |
| 最大切宽/mm      | 1230     | 1700     | 2460     | 1800      | 2700      |
| 切纸长度/mm      | 554～1350 | 515～1230 | 530～1380 | 550～1500  | 550～1500  |
| 工作车速/(m/min) | 60       | 60       | 60       | 150～200   | 150～200   |
| 纵切刀套数/对      | 2        | 3        | 4        | 3         | 4         |
| 最大退纸直径/mm    | 1000     | 1000     | 1000     | 1800      | 2000      |
| 退纸架数/对       | /        | 5        | 5        | 6         | 6         |
| 接纸高度/mm      | /        | 1200     | 1200     | 1350      | 1350      |
| 传动型式         | P 型无级变速  | P 型无级变速  | P 型无级变速  | P 型无级变速   | P 型无级变速   |
| 电机功率/kW      | 5.5      | 7.5      | 11       | 18.5      | 27        |
| 轨距/mm        | 1470     | 2050     | 2840     | 2200      | 3600      |

表 8-2 部分国产双组单辊刀切纸机（双刀切纸机）的主要技术特征

| 型 号<br>项 目   | ZWQ15    | ZWQ17    | ZWQ13    | H1760/150 | H2640/150 |
|--------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 公称切宽/mm      | 1760     | 1880     | 2362     | 1760      | 2640      |
| 最大切宽/mm      | 1820     | 2100     | 2460     | 1800      | 2700      |
| 切纸长度/mm      | 515～1230 | 530～1360 | 530～1360 | 550～1500  | 550～1500  |
| 工作车速/(m/min) | 60       | 60       | 60       | 150       | 150       |
| 纵切刀套数/对      | 3        | 3        | 4        | 3         | 4         |
| 最大退纸直径/mm    | 1000     | 1000     | 1000     | 1800      | 1800      |
| 退纸架数/对       | 5        | 5        | 5        | 6         | 6         |
| 接纸高度/mm      | 1200     | 1200     | 1200     | 1350      | 1350      |
| 传动型式         | P 型无级变速  | P 型无级变速  | P 型无级变速  | P 型无级变速   | P 型无级变速   |
| 电机功率/kW      | 11       | 11       | 10/3.3   | 30        | 35        |
| 轨距/mm        | 2170     | 2600     | 2810     | 2700      | 3600      |

通常单辊刀切纸机一次可能裁切的最大定量范围是：单层纸为 450g/m<sup>2</sup>，多层纸为



600g/m<sup>2</sup>，对于定量更大的纸或纸板宜采用双辊刀式切纸机。

直接装在浆板机或纸板机后的切纸机，通常为单刀式而且没有退纸架，因为浆板或纸板是由纸机的烘干部以连续的纸幅送入切纸机，这些切纸机的接纸台均设有可移出的插纸板机构或带状的“备用接纸台”，当更换纸垛小车时，切好的纸在小车上堆成纸垛，浆板或纸板就堆放在这个备用接纸台上，待空车放置好后，“备用接纸台”就把其上切好的纸板放落在小车上，完成换垛工作。

## 二、切纸机的主要部件

图 8-3 为辊刀切纸机的典型圈路图，图 8-4 为一台未包含退纸架的单组单辊刀切纸机的立面图。一般来说，切纸机由相互关联的四大部分组成：

恒张力退纸部分——由退纸座及张力传感装置组成。

切纸部分——由导辊、纵切、送纸、横切、传动等组成。

使纸张形成搭接状态的输纸部分——由高速带、低速带、压纸带及其附件等组成。

接纸部分——由液压或其他控制升降的机械组成。

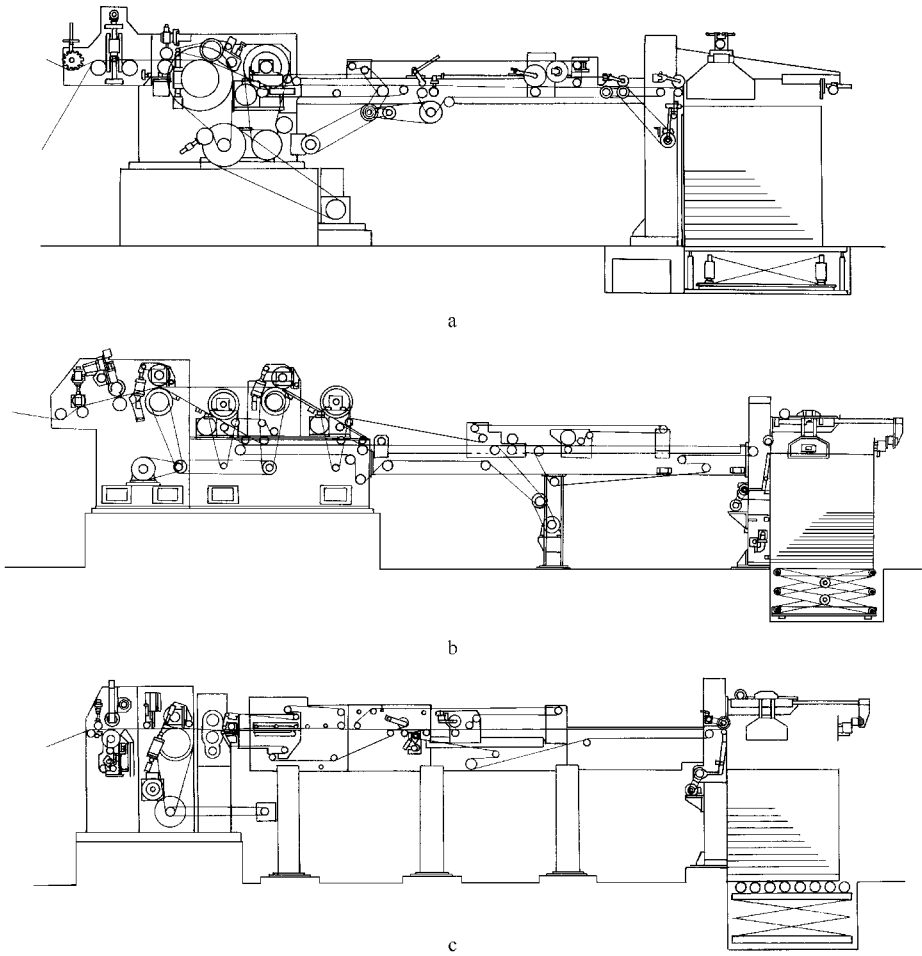


图 8-3 辊刀切纸机的典型圈路图

a—单组单辊刀切纸机 b—双组单辊刀切纸机 c—双辊刀切纸机

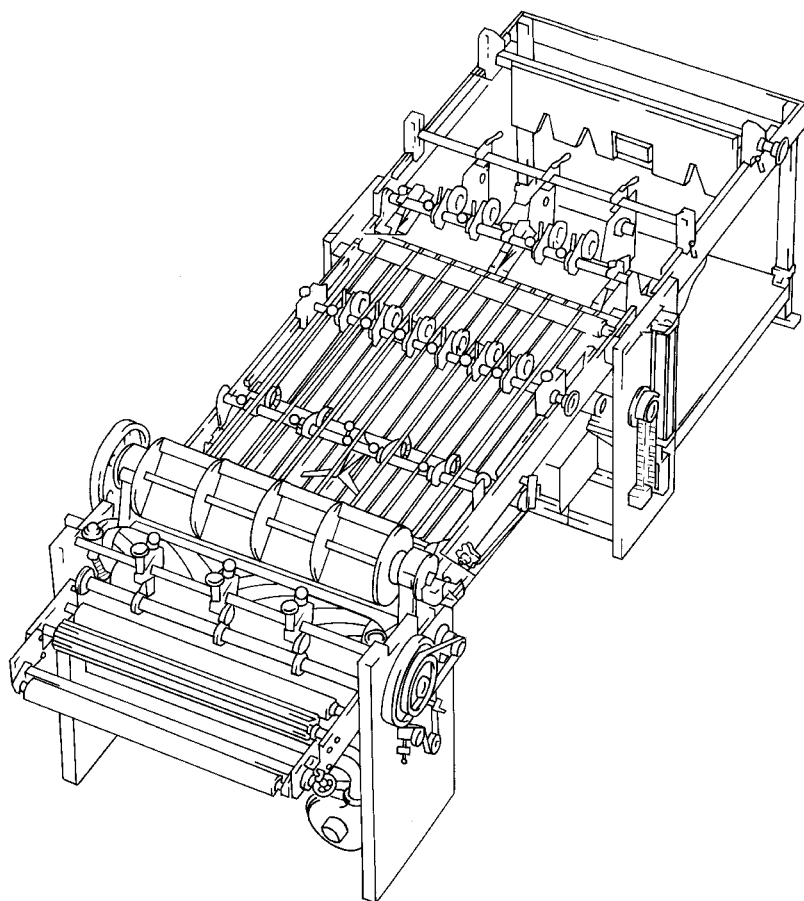


图 8-4 单组单辊刀切纸机的立面图（未包含退纸架）

### （一）退纸架

退纸架（图 8-5）由装在操作侧和传动侧的两个机架组成。每台切纸机一般设有 4~6 对机架，机架上固定有四对支架以放置两层带有  $\phi 1000 \sim 1200\text{mm}$  的退纸纸卷的有轴或无轴卷纸辊，当退纸纸卷直径达到  $1500 \sim 2000\text{mm}$  时，退纸架就要成一层放置或成两层呈 L 型或棋盘型排列（图 8-6）。

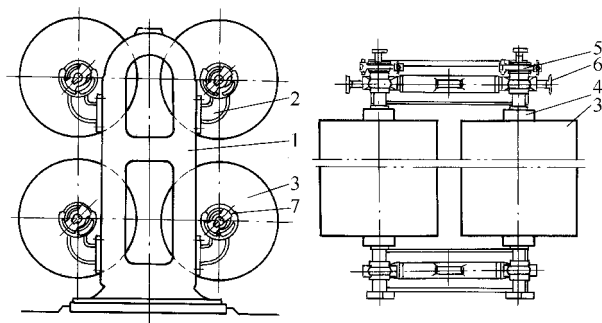


图 8-5 退纸架

- 1—机架 2—支架 3—退纸纸卷 4—卷纸辊 5—纸卷制动  
6—轴向移动纸卷的手轮 7—可与复卷机上的制动器相连接的半联轴器

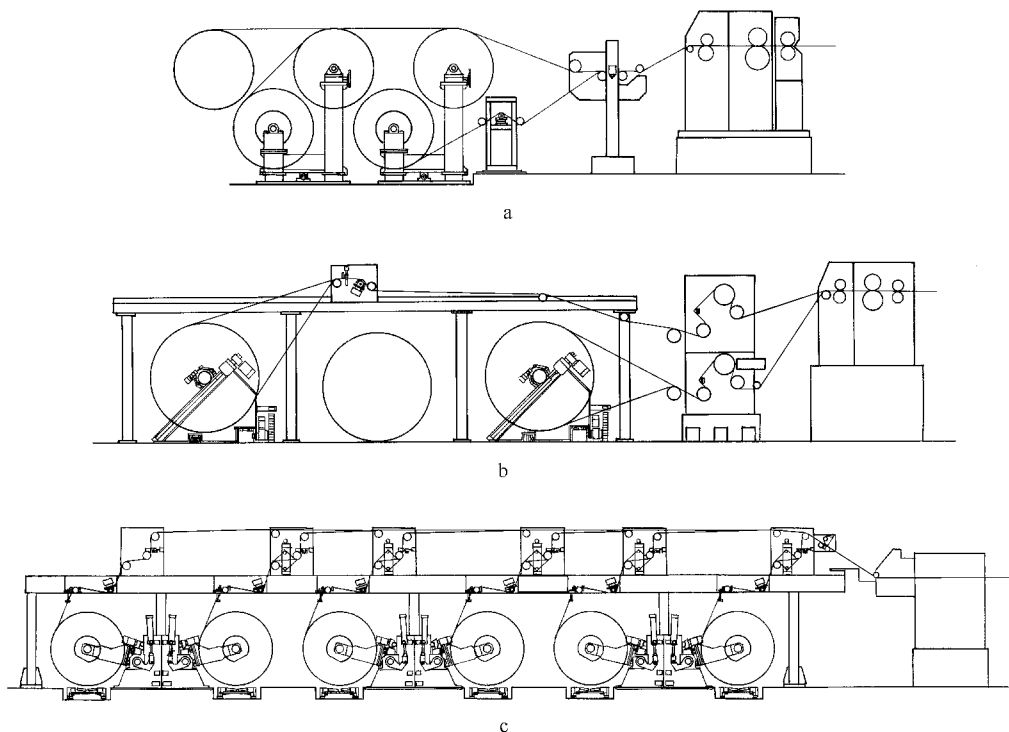


图 8-6 退纸架形式

a—棋盘型排列的退纸架 b—单层放置的退纸架 c—摆臂式退纸架

切纸机与其他整饰机械一样，退纸架要能够使纸卷沿其轴向移动，同时，纸卷的操作侧还要能沿垂直于其轴向（纵向）的方向移动，以使多层纸幅对齐，且两侧紧度一致。

在切纸机上从纸卷上退下的纸幅张力一般为  $0.5 \sim 1.0 \text{ N/cm}$ ，比在其他整饰机械上要小些。较小的张力和较小的车速，使得切纸机可采用简单的、不带水冷的带式制动器或气动刹车鼓来形成必需的张力。制动器安装在切纸机传动侧的退纸座架上。带式制动器用手轮借螺杆传动或用重锤来张紧，气动刹车鼓则通过调节薄膜气缸的压缩空气压力来调节退纸张力。在新式切纸机上，退卷轴和刹车装置之间有气动或手动离合器，同时还设有助动电机加速纸卷，以避免启动时切长产生误差。

退纸卷由单独的小型吊车或车间的桥式吊车把纸卷吊装在退纸架的支座上。为了使有效时间系数增大，在生产能力大的切纸机上有时装有两套可移动的退纸架，当一套退纸架上的纸卷退纸时，另一套退纸架则安装纸卷，两套退纸架不断交替使用，保证连续生产。

有些切纸机在退纸后设有张力检测装置，该装置与气动制动器一起组成张力自控系统，对退纸张力进行有效控制，图 8-7 为退纸张力控制原理图。

## （二）纵切装置

纸幅由退纸架到纵切装置之间设有两套导纸辊，第一套导辊用来校正纸幅，它的操作侧可在垂直及水平平面内移动；另一套导纸辊上方配有包胶压辊或在两侧带有压轮，用于引纸时牵引纸幅，压辊或压轮均为气动升降。

纵切装置的结构通常是剪切式结构，如图 8-8 所示。装有可拆卸的碗形圆刀的下刀轴借送纸辊的下辊，通过链传动或齿轮或同步齿形带来带动旋转。装在杆臂上的盘形上圆刀由下

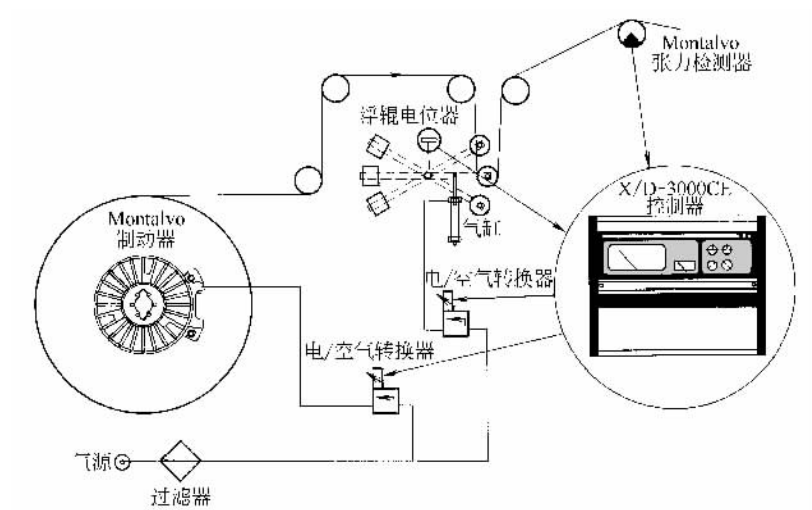


图 8-7 退纸张力控制原理图

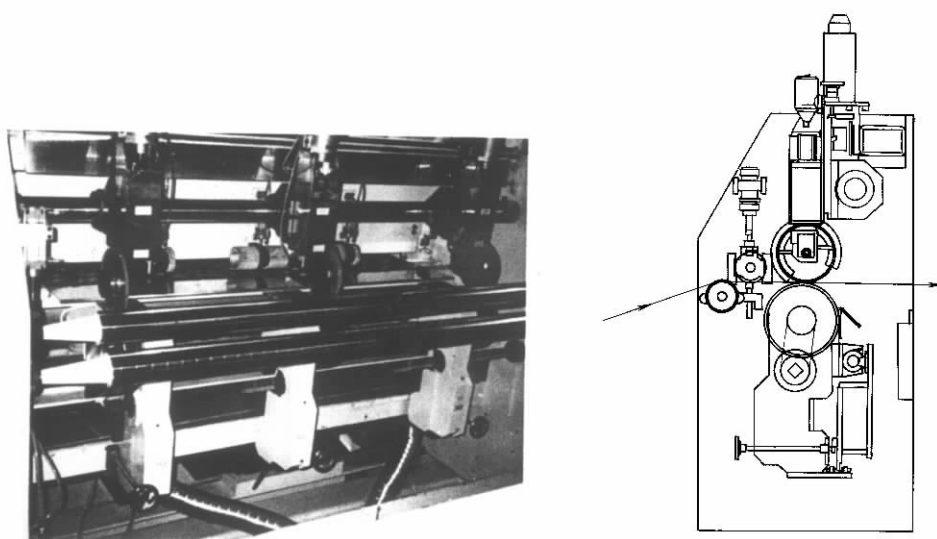


图 8-8 纵切装置

圆刀带动旋转。上圆刀的螺旋弹簧对下圆刀的压力比复卷机上的纵切机构的压力大，这是由于同时切多层纸幅的缘故，当然上圆刀也有采用气动加压和抬刀，此时上下刀之间的压力靠气压来调节。下圆刀的周速一般比纸幅速度快  $10\% \sim 15\%$ ，以取得光齐的切口，同时考虑到每 4~6 个月要磨刀一次，下刀轴操作侧就设有快速连接机构，以便于下刀的拆换和安装。上圆刀采用气动起落，且可通过齿轮幅沿横向移动，以适应不同切宽的要求。一般情况下，上下圆刀之间咬合深度为  $1.6 \sim 2.4\text{mm}$ ，剪切角为  $1^\circ \sim 2^\circ$ 。

装设纵切刀的对数（5~8 对）取决于纸幅横向的切纸幅门，这时应该考虑到两侧要切去  $25 \sim 35\text{mm}$  纸边，纵切刀幅的安装位置按照需要切宽规格来装设。

下刀轴的相对挠曲率不应超过  $1/5000 \sim 1/6000$ 。为了减少下刀轴的挠度，对于幅宽较宽的切纸机，在下刀轴的中间还有一个由一对滚子组成的支承，该支承可移动，以使纵切刀可固定在纸幅宽度范围内的任何位置。

### (三) 送纸装置

送纸辊克服纸卷制动器的摩擦力牵引着纸幅通过引纸辊和纵切装置并送入横切装置。送纸辊装置由送纸下辊、包胶上辊和加压机构组成,如图 8-9 所示。根据切纸机的宽度,下辊直径为  $\phi 300 \sim 500 \text{mm}$ ,上辊直径为  $\phi 150 \sim 400 \text{mm}$ 。采用大直径的送纸下辊将会减小辊筒的挠度和由此引起的纸幅皱褶及切长误差。送纸下辊为无缝钢管配以两端闷头及钢轴;上辊为

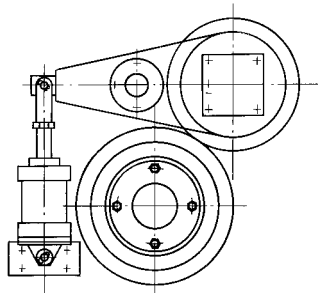


图 8-9 气动式送纸装置

实心钢辊,表面包覆橡胶,橡胶硬度为 93A°。上辊相对下辊沿纸幅前进方向偏移  $15^\circ \sim 20^\circ$ 。为了使上辊与纸幅之间的摩擦系数增大及上下辊之间的线压更为均匀,上辊辊面车有左右螺旋型沟槽(对于无碳复写纸用切纸机则为光辊),且车有适当中高。送纸上下辊的相对挠曲率不应超过  $1/8000 \sim 1/10000$ 。辊间线压在  $3 \sim 5 \text{kg/cm}$  范围内,老式切纸机借杠杆重锤机构或弹簧加压,新式的则采用气动加压,且每侧能单独调节压力。

送纸下辊的线速度决定了切纸机的车速。仅当纸幅与送纸辊间没有滑动时,才能保证切纸长度的必要精准性,为此,应使纸幅摩擦力等于送纸装置前的纸幅张力的  $1.5 \sim 2$  倍。纸幅与下辊及纸幅相互间的摩擦因数  $f$  根据纸的平滑度而定,一般可取为  $0.10 \sim 0.15$ 。

为了在第一道和第二道送纸辊间形成必要的纸幅张力及把纸幅顺利送入第二到横切装置,在双刀式切纸机上装有第二道送纸装置。第二道送纸装置的下辊直径可以与第一道送纸下辊直径相同,也可以与上辊相同均为  $\phi 225 \sim 275 \text{mm}$ 。为了避免纸幅在送纸辊之间垂弛或延长,第二道送纸辊是弹性送纸的(图 8-10),弹性送纸借特殊的辊筒来保证,即在上辊辊面交错地钉着宽  $40 \text{mm}$  的易于压下的皮质或毛毡带圈。上辊与下辊之间的距离可调节,由此控制两组送纸辊之间的纸幅张力,第二送纸下辊的线速度比纸速快  $60\% \sim 70\%$ ,这就保证了足够的纸幅张力以把纸幅送入第二道横切装置。在新型切纸机上,第二道送纸辊也有不采用弹性送纸,而与第一道送纸辊结构相同,因为现代控制技术完全可保证两道送纸之间的速差,使纸幅以恒定的张力运行。

送纸装置基本上均采用下辊为主动辊,上辊由下辊通过纸幅借摩擦力带动旋转,此时纸幅被倾斜地送入横切装置,纸幅在送纸下辊上的包角为  $35^\circ \sim 40^\circ$ (图 8-11)。

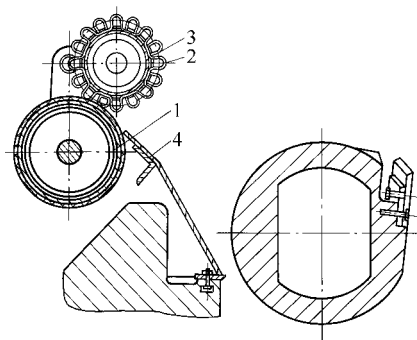


图 8-10 第二道送纸辊

1—下辊 2—胶带圈 3—上辊 4—引纸板

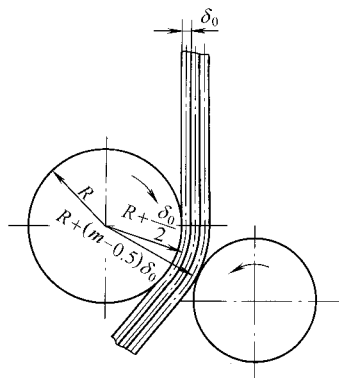


图 8-11 送纸辊送纸图

送纸装置的结构应尽量满足减小切纸长度差的要求。

下层纸幅中心线的速度  $v_1$  :

$$v_1 = v(R + \delta/2)/R \quad (8-1)$$

式中  $v$  ——送纸下辊线速度, m/s

$R$  ——送纸下辊半径, mm

$\delta$  ——纸的厚度, mm

上层纸幅中心线处的线速  $v_m$  将大于线速  $v_1$ , 因为上层纸幅在半径方向上距离送纸下辊的回转中心较远, 当同时切  $m$  层纸幅时:

$$v_m = v[R + (m - 0.5)\delta]/R \quad (8-2)$$

上下层纸幅中心线处的速度差为:

$$\Delta v = v_m - v_1 = v(m - 1)\delta/R \quad (8-3)$$

这一速度差与送纸下辊速度的比值为:

$$\Delta v/v = (m - 1)\delta/R \quad (8-4)$$

上下层纸幅送纸速度不同时, 其横向切纸长度也不同。当正常的切纸长度为  $L$  时, 上下层纸幅的切纸长度差为:

$$\Delta L = L(m - 1)\delta/R$$

$$\text{或 } \Delta L/L = (m - 1)\delta/R \quad (8-5)$$

由公式 (8-5) 可见, 当同时切纸的纸幅层数及纸幅的厚度增大时, 上下层纸幅的切纸长度差也增大。送纸下辊的半径越大则该长度差越小, 所以送纸下辊的直径一般不小于  $\phi 400\text{mm}$ , 此时应尽量使纸幅在送纸下辊上的包角减小至为  $0^\circ \sim 20^\circ$ , 同步切纸机基本上采用水平送纸。

根据公式 (8-5), 当切纸长度减小时, 切纸长度差的绝对值也降低, 但在其他条件相同时, 切纸长度差的相对比值仍不变, 因为在送纸辊之间的纸幅厚度比纸幅原有厚度小, 实际上的切纸长度差也小于该式的计算结果。考虑使上层纸幅比下层纸幅有较大的张力以增加其弹性变形, 可以减少一些切纸长度差。

#### (四) 横切装置

##### 1. 横切装置结构

单辊刀切纸机的横切装置 (图 8-12) 由装在横梁上的固定底刀及装在刀辊上的转刀组成。转刀在刀辊上的安装形式有径向装刀和切向装刀两种。径向装刀结构的转刀装在刀辊的半径方向上, 而切向装刀的结构转刀则大约与刀辊外圆成切线方向。底刀和转刀刀片借间距  $75 \sim 100\text{mm}$  的螺钉分别固定在底刀梁和刀辊上, 为了随着刀片的磨损程度来调节其位置, 从而满足最佳切纸状态, 这些螺钉孔均应为长孔。

底刀与转刀间的间隙应小于切纸厚度以保证切口光洁平滑, 它可借间距  $75 \sim 100\text{mm}$  顶压螺钉来调节。在切向装刀的结构中, 转刀沿刀辊的切向方向移动来改变刀隙, 刀隙变动值比转刀的移动量小  $1 \sim 2$  倍, 同时还可沿径向调节刀片, 这就比径向装刀的

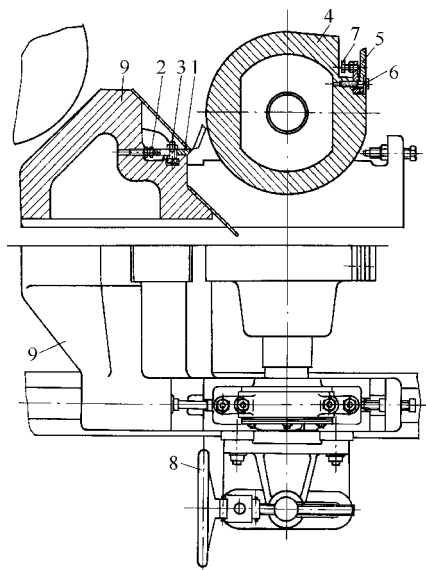


图 8-12 横切装置

- 1—底刀 2—底刀调节螺钉 3—底刀固定螺钉  
4—刀辊 5—转刀 6—转刀固定螺钉 7—转刀  
调节螺钉 8—移动横切装置工作侧的手轮  
9—横梁, 横切装置即装在其上

结构容易调节刀隙，在后者的情况下刀隙的变动值等于转刀的移动量。在切向装刀的结构中，切纸时的切削力在刀片平面的方向上；在径向装刀的结构中切削力与刀片方向垂直，从而使刀片中的应力增大。因此目前广泛采用切向装刀的方式。

横切刀片是厚 14~20mm、宽 70~120mm、长度比纸幅宽度长 100~150mm 的钢板，现在横切刀片常采用复合结构，刀体为普通碳素钢，而刀刃用耐磨性好且硬度高（洛氏 58~62 度）的优质工具钢制造。这种刀的优点是刀刃很耐磨而刀体韧性好，能承受冲击负荷。

旋转刀与底刀啮合的相对角度，有三种情况（图 8-13）：（1） $\alpha_1$  大于零；（2） $\alpha_2$  等于零；（3） $\alpha_2$  小于零。实用上以第一种居多。

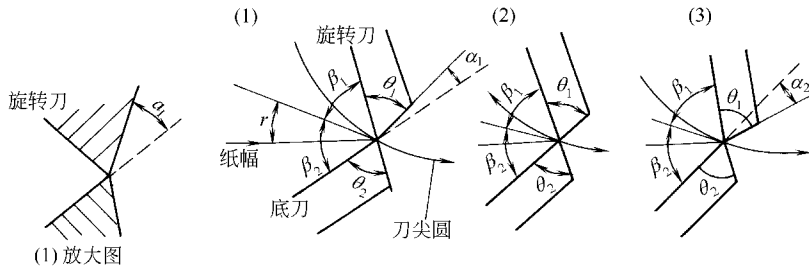


图 8-13 旋转刀与底刀的相对角度

纸幅进入横切装置时与水平线的夹角称为纸的进入角，一般进入角在  $10^\circ \sim 35^\circ$  的范围内，以  $0^\circ$ 、 $10^\circ$  和  $20^\circ$  用得最多。切低定量纸时，进入角可小；切高定量纸时，进入角宜大。在切总定量低于  $200\text{g/m}^2$  的 1~2 层纸幅时进入角为  $10^\circ \sim 15^\circ$ ，切多层中等定量的纸幅或 1~2 层高定量纸幅时为  $35^\circ$ 。

切纸机的刀片根据起车速、切纸层数、纸的种类（主要是纸中填料含量），每 3~6 个月，磨刀一次。刀片在报废前可磨 8~10 次以上，磨刀角度为  $15^\circ \sim 18^\circ$ 。

当纸幅速度为  $v\text{m/min}$  而刀辊转速为  $nr/\text{min}$  时，切纸长度  $L$  等于：

$$L = v/n(\text{m}) = \pi Dv/v_H \quad (8-6)$$

式中  $D$  —— 刀刃转动所构成的外圆的直径，m

$v_H$  —— 刀刃的圆周速度，m

为了取得光滑的切口，最好能保持  $v_H > v$  的条件，然而这个条件仅能在不大的及中等的规格（其切纸长度  $L$  小于数值  $\pi D$ ）时保持。

按照公式（8-6），要改变切纸长度必须在纸速不变时改变刀辊转速，或是在刀辊转速不变时改变纸速。改变刀辊转速较好，因为这时切纸机的车速亦即其生产能力大约还保持相同，而与切纸长度无关。为了延长剪切时间并由此减少剪切时的功率及应力，刀片在刀辊上不是平行于其轴线装置的，而是按螺旋线装置的。平的刀片借螺钉固定在刀辊上，而在螺钉的作用下刀片变形成为沿螺旋线装置的形状。

## 2. 剪切力及剪切功率的计算

如果刀片平行于刀辊轴线装置，则剪切力为：

$$F = q_p b \quad (\text{N}) \quad (8-7)$$

式中  $q_p$  —— 单位剪切力（取决于纸的配比与紧度， $q_p = 20000 \sim 30000\text{N/m}$ ），N/m

$b$  —— 切纸宽度，m

剪切功  $A$  等于：

$$A = q_p b \delta (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (8-8)$$

式中  $\delta$ ——同时切纸的多层纸幅的总厚度, m

在剪切时间为  $t = \delta / v_H$  (s) 时, 需用功率为:

$$P = Ab/t = A v_H / \delta = A \pi D n / 60 \delta \quad (\text{N} \cdot \text{m/s}) \quad (8-9)$$

在平行装置刀片时, 剪切时间为千分之几秒, 所以剪切时的功率及应力很大。例如, 当  $b = 2640 \text{mm}$ ,  $\delta = 1 \text{mm}$ ,  $q_p = 30000 \text{N/m}$ ,  $D = 0.45 \text{m}$ ,  $n = 125 \text{r/min}$  (这相当于切纸机车速为  $v = 100 \text{m/min}$  时的切纸长度  $a = 0.8 \text{m}$ ) 时, 可得:

$$t = \delta / v_H = (60\delta) / (\pi D n) = 1/2950 (\text{s});$$

$$F = q_p b = 30000 \times 2.64 = 79200 (\text{N});$$

$$A = q_p b \delta = 30000 \times 2.64 \times 0.001 = 7.92 (\text{N} \cdot \text{m});$$

$$P = A \pi D n / 60 \delta = (7.92 \times 3.14 \times 0.45 \times 125) / (60 \times 0.001) = 233145 (\text{N} \cdot \text{m/s}) \\ = 233145 / (9.8 \times 102) = 233.2 (\text{kW})$$

当刀片按螺旋线装置时, 刀辊长度  $L_0$  与螺旋线节距  $S$  的比值对每个刀辊是不变的数值, 把这一数值称之为刀辊常数  $k$ :

$$k = L_0 / S \quad (8-10)$$

由三角形  $ABC$  (图 8-14) 可得:

$$S = \pi D_0 / \tan \alpha \quad (8-11)$$

式中  $\alpha$  ——螺旋线升角, 通常为  $0^\circ 45' \sim 1^\circ$  (螺旋线导角的余角)

$D_0$  ——刀辊直径, m

于是,

$$k = L_0 \tan \alpha / \pi D_0 \quad (8-12)$$

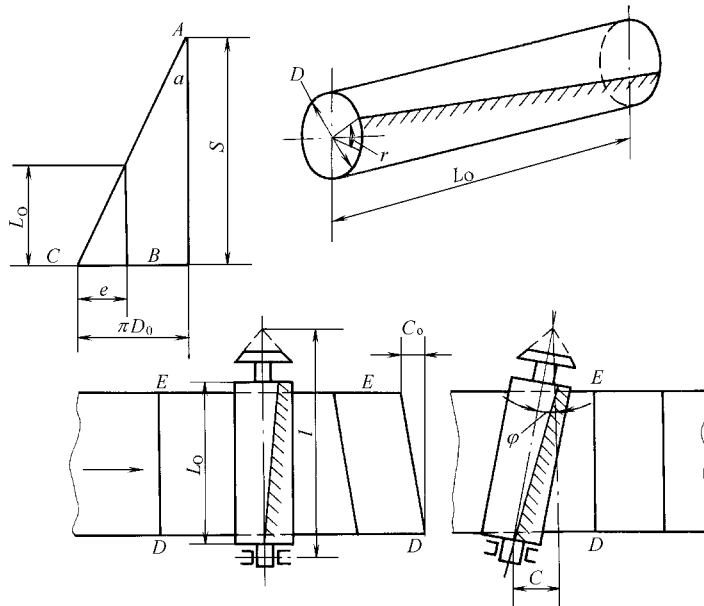


图 8-14 刀片沿螺旋线装刀及横切机构的偏移

可以用在刀辊端面上螺旋线起点处的半径及螺旋线终点投影处的半径之间的圆心角  $\gamma$ , 或是相应于角  $\gamma$  的弧点  $\theta_0$  来代替螺旋线升角。

此时,

$$k = \gamma / 360 \text{ 或 } k = \theta_0 / \pi D_0 \quad (8-13)$$

通常

$$k = 0.03 \sim 0.07$$

当刀辊转速为  $n \text{r/min}$  时, 每转的时间为:



$$t_1 = 60/n(\text{s})$$

剪切时间  $t_2$  由关系式  $t_1/t_2 = L_0/S$  求得, 为此

$$t_2 = t_1 L_0/S = t_1 k = 60k/n \quad (8-14)$$

在平行于轴线或按螺旋线装置刀片时的剪切功可采用相同的数值。于是剪切时间内的功率可写成:

$$P_{jq} = A/t_2 = An/60k \quad (8-15)$$

而相应的剪切力为:  $F_{jq} = P_{jq}/V_q = (An/60k)/(\pi D_0/60)$  (8-16)

由上述两式可知, 当刀片按螺旋线装置时, 剪切功率取决于切纸规格(长度与刀辊转数成正比), 剪切时的剪切力(扭矩)则与切纸规格无关; 剪切时的力  $F_{jq}$  也与切纸机的车速及切纸长度无关, 而取决于剪切功、刀辊直径及刀辊常数  $k$ 。

平行于轴线装置刀片时的剪切功率与剪切力, 与按螺旋线装置刀片时的剪切功率与剪切力的比例相应地为:

$$P/P_{jq} = (A\pi Dn/60\delta)/(An/60k) = k\pi D/\delta \quad (8-17)$$

及  $F/F_{jq} = (A/\delta)/(A/k\pi D) = k\pi D/\delta \quad (8-18)$

由此可见, 剪切功率及剪切力在刀片按螺旋线装置时, 由于剪切时间的延长而大大的减小了。

例如: 当  $b_0 = 2640\text{mm}$ ,  $D_0 = 430\text{mm}$  时,

$\alpha = 1^\circ$ , 则  $\text{tg}\alpha = 0.01745$ ,  $k = b_0 \text{tg}\alpha/\pi D_0 = 0.034$

而  $P/P_{jq} = F/F_{jq} = k\pi D/\delta = 0.034 \times 3.14 \times 0.45/0.001 = 48$

于是  $P_{jq} = P/48 = 233.2/48 = 4.86 \text{ (kW)}$

或  $F_{jq} = F/48 = 79200/48 = 1650 \text{ (N)}$

横切装置及其传动的零部件也应该用力  $F_{jq}$  的数值来计算。

切纸机电机的功率要按切纸机的平均需用功率计算, 因为横切装置、传动及电机的转动部件的飞轮力矩很大, 每分钟切纸次数很多(由 50 至 300 次), 由于剪切功率所占的部分很小(仅占切纸机全部功率的 2%~3%)。

平均需用功率按照转数为:

$$P_{jp} = A/t_1 = P_{jq}k = An/60(\text{N} \cdot \text{m/s}) = An/(9.8 \times 60 \times 102) \text{ (kW)} \quad (8-19)$$

在相当于最小切纸规格的  $n_{\max}$  时

$$P_{jp \max} = An_{\max}/(60 \times 9.8 \times 102) = (79.2 \times 300)/(60 \times 9.8 \times 102) = 0.4 \text{ (kW)}$$

在相当于最大切纸规格的  $n_{\min}$  时

$$P_{jp \min} = An_{\min}/(60 \times 9.8 \times 102) = (79.2 \times 50)/(60 \times 9.8 \times 102) = 0.07 \text{ (kW)}$$

分析上式可知, 随着切纸长度的减小, 切纸次数增加, 因而剪切时需用的功率及平均功率都增加, 当刀辊常数  $k$  增大时, 横切装置传动机构零件中的力及应力以及剪切时需用的功率都减小。但是此时由于调节纸张方正度的原因将增大横切装置的偏移, 使结构复杂化。

### 3. 横切偏移值

按螺旋线装置刀片时的切纸时间  $t_2 = 60k/n(\text{s}) = k/n \text{ (min)}$

在切纸时连续地送入的纸幅与旋转刀片相遇于  $D$  点(图 8-14); 切纸在  $E$  点处结束。假设纸幅宽度等于刀辊长度, 纸幅上的点  $D$  在切纸时间内通过的行程等于:

$$c_0 = v t_2 = v k/n \text{ (m)}$$

而  $v/n = L$ , 故

$$c_0 = kL \text{ (m)} \quad (8-20)$$

在纸幅运动中, 剪切线  $DE$  与纸幅行进方向不相垂直, 所得的纸张将成平行四边形而不是矩形。由上式可见, 当纸幅宽度等于刀辊长度时, 纸的斜度取决于刀辊常数  $k$  及切纸长度  $L$ , 而与切纸机的车速无关。如纸幅宽度小于刀辊长度并等于  $b_1$  时, 纸的斜度  $c_1$  等于:

$$c_1 = c_0 b_1 / b_0 = k a (b_1 / b_0) \quad (8-21)$$

如果横切装置 (底刀及甩刀) 装设得与切纸机送纸辊及其他辊筒不相平行, 而是使它在刀片开始切纸的一侧相反于纸幅行进方向移动距离  $c_0$ , 则切出的纸张将变成矩形。

刀辊上装刀的螺旋线的方向 (左旋或右旋) 最好是使切纸开始于操作侧, 这样刀辊的角度变形就使得开始切纸时在横切装置上产生的冲击负荷减小。

横切装置的偏移指示器安装在操作侧轴承上, 当横切装置回转中心 (在传动侧的铰接点) 与其操作侧轴承间的距离为  $l$  时, 偏移值  $c$  为:

$$c = c_0 l / b_0 = k L (l / b_0) \quad (8-22)$$

这个必需的偏移值与切纸宽度无关, 在纸宽为  $b_1$  时,

$$c_1 = k L (b_1 / b_0)$$

而

$$c = c_1 (l / b_1) = k L (b_1 / b_0) \times (l / b_1) = k L (l / b_0) \quad (8-23)$$

这与纸宽等于  $b_0$  时的必需偏移值相符。

按照图 8-16, 刀辊平行装设时的轴线与偏移时轴线间的夹角  $\varphi$  (横切装置的回转角) 为:

$$\operatorname{tg} \varphi = c_1 / b_1 = (k L / b_1) \times (b_1 / b_0) = k (L / b_0)$$

而

$$k = b_0 / s$$

因此

$$\operatorname{tg} \varphi = (b_0 / s) \times (a / b_0) = a / s \quad (8-24)$$

由此看来, 回转角  $\varphi$  取决于切纸长度及螺旋线节距而与切纸宽度无关。

一般来说, 横切甩刀固定在底刀座上, 其操作侧利用螺杆传动来往复移动, 切纸长度改变时, 必须改变横切装置的偏移值; 切纸长度长时偏移值要增大, 切纸长度短时, 偏移值要减小。实际上, 该操作就是方正度调节, 其操作侧设有方正度调节指示器来显示其偏移值。

横切装置可保证切纸长度的精确度达到切纸长度  $\pm 0.1\%$ ; 在切纸长度为  $550 \sim 1000 \text{mm}$  时, 纸张的方正度偏差不大于  $\pm 0.5 \text{mm}$  (标准为切纸长度  $\pm 0.2\%$ )。应该指出, 切纸后由于周围空气湿度的变化而引起的纸张变形比在切纸机切纸的偏差对纸张尺寸的影响更大。

#### 4. 双刀辊横切装置

对于定量大的纸及纸板有时采用双刀辊横切装置 (图 8-15), 即刀片按螺旋线装在两个旋转刀辊上, 且在一个刀辊上螺旋线是左旋的而在另一个刀辊上螺旋线则是右旋的, 在这种

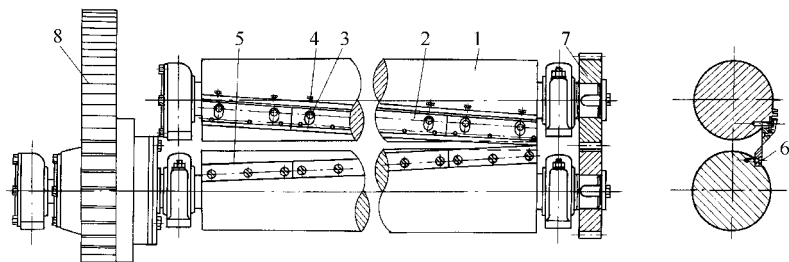


图 8-15 双刀辊横切装置

1—刀辊 2—上横切刀 3—上横切刀固定螺栓 4—上横切刀调位螺钉 5—下横切刀  
6—下横切刀固定螺栓 7—上刀辊传动齿轮 8—下刀辊传动齿轮及离合器

情况下公式 (8-16) 及 (8-17) 仍可应用, 但剪切功率则约平均地分配在两个刀辊上, 这就使横切装置的零件的承受力减小了一半, 所以同时切纸的总定量可达  $3000 \sim 4000 \text{g/m}^2$ 。

在双刀辊横切装置中, 刀片沿螺旋线装在两个刀辊上, 一个成为左螺旋线, 另一个为右螺旋线。在切纸的瞬间, 两把切刀啮合形成剪切作用。该装置的另一个作用是在切纸的瞬间, 两把切刀都以与纸幅相同的速度运转, 以获得优良的剪切效果, 为此要求一个周期性的变速系统来传动。这种变速系统称为“同步机构”, 它使刀辊在旋转一周中具有加速和减速过程, 以达到两把切刀按照切纸长度要求在正确的时间下相切, 并使得在切纸瞬间刀速与纸速同步。常用的同步机构有双铰接四连杆机构、曲拐—月牙板机构和带旋转月牙板的刷双曲拐—月牙板机构, 后者又叫双偏心转杆机构。图 8-16 表示双偏心转杆机构示意图。从图中可以看出切纸机的主传动电机通过动力输入轴 12 经无级变速器的齿链、齿轮、曲臂齿轮 1 而带动了月牙板绕滑块 4 的轴心  $O_1$  旋转, 转动的月牙板经滑块 5 再带动曲臂 6 从而带动刀辊切纸。根据切纸长度的不同, 借电动机及调节偏心的螺杆机构之助可调整滑块 4 的轴心 (即月牙板的旋转中心) 的位置。

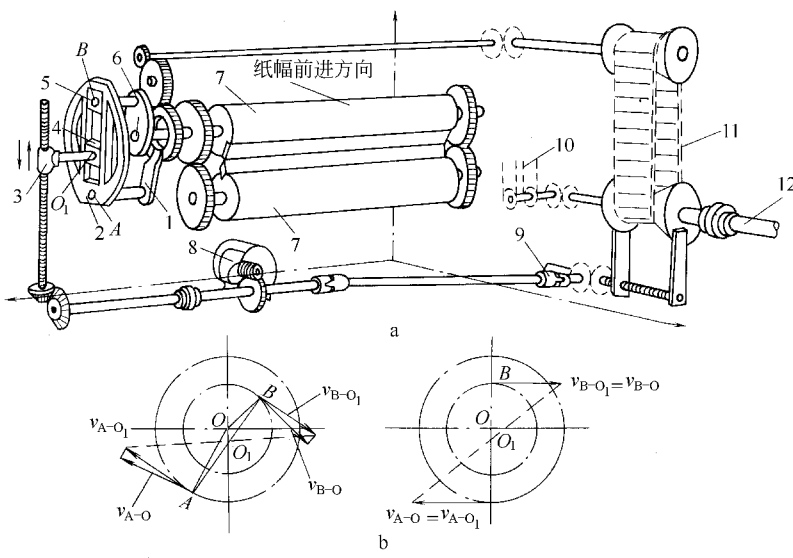


图 8-16 双偏心转杆机构

a—双偏心转杆机械传动图 b—月牙板的速度分析

- 1—曲臂齿轮 2—月牙板 (双偏心转杆) 3—调节偏心的螺杆机构 4、5—滑块 6—曲臂  
7—刀辊 8—电动机 9—万向联轴节 10—传动链 11—齿链无级变速器 12—动力输入轴  
O—刀辊的轴心  $O_1$ —月牙板的旋转中心 A—曲臂齿轮的曲拐轴心 B—曲臂的曲拐轴心

双刀辊与单刀辊横切装置的特点见表 8-3。

表 8-3 双刀辊与单刀辊横切装置的特点

|   | 双刀辊横切装置               | 单刀辊横切装置       |
|---|-----------------------|---------------|
| 1 | 纸张的切口光洁平直             | 纸张的切口较差       |
| 2 | 切纸定量 (厚度) 比单刀辊大 1~2 倍 | 切纸定量 (厚度) 较小  |
| 3 | 纸尘及纸毛可消除或非常轻微         | 纸尘及纸毛较多       |
| 4 | 刀片寿命长, 最长可用两年         | 刀片寿命短, 仅数天或数周 |

续表

|    | 双刀辊横切装置                    | 单刀辊横切装置                           |
|----|----------------------------|-----------------------------------|
| 5  | 变更切长时, 不用调整偏移角即可切得方正       | 变更切长时, 必须调整刀辊及底刀座的偏移角, 方可保证方正度的要求 |
| 6  | 对于各种纸来说纸的进入角均为 $0^{\circ}$ | 切纸厚度很小时采用 $0^{\circ}$ 进入角         |
| 7  | 操作维护较复杂                    | 操作维护简单                            |
| 8  | 受同步要求的限制, 切纸长度短时困难         | 受切纸长度长短的限制较少                      |
| 9  | 车速高                        | 车速有一定限制                           |
| 10 | 投资费用高                      | 投资费用较低                            |

对于纸板或浆板有时还采用带有两个间歇旋转的刀辊（仅在切纸时旋转）的切纸机，刀在旋转时的圆周速度等于切纸机的车速，但与切纸规格无关。装有刀片的刀辊借特殊的离合器来连接，运行的纸板或浆板提供闭合离合器的脉冲，当纸幅达到定位器时就对闭合离合器的杠杆系统发生作用。

#### （五）输送装置

对于车速高于  $80\text{m}/\text{min}$  的切纸机来说，一般由延伸到横切底刀座下的高速带、低速带、压纸带、可移动的减慢轮、后送纸轴及其他辅件组成。在整个输送过程中，这些部件则起到不同功能的作用。图 8-17 为送纸带的几种布置形式。

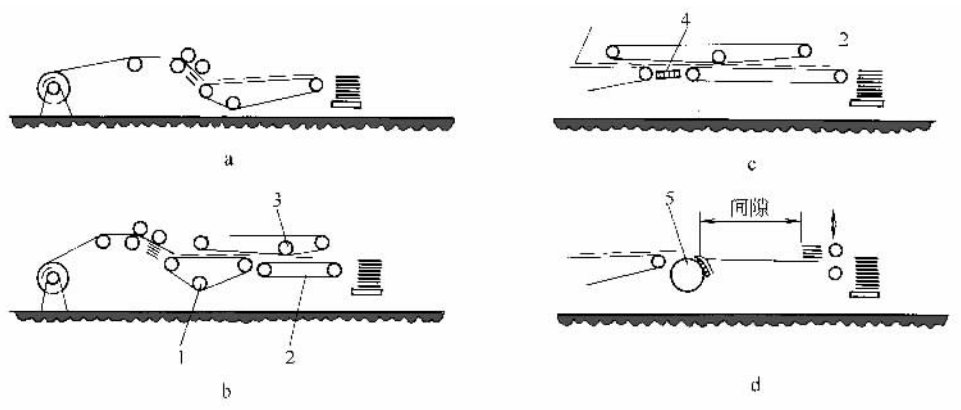


图 8-17 送纸带型式

a—普通送纸带 b—重力式搭接装置 c—后缘制动搭接装置 d—带汇集筒的送纸装置

1—高速送纸带 2—低速送纸带 3—撞停辊 4—吸引箱 5—汇集筒

#### 1. 高速带及压纸带

高速带及压纸带均由适当数量的尼龙带组成，高速带尼龙带宽度为  $80\sim 300\text{mm}$  之间，而压纸尼龙带宽度为  $18\text{mm}$ ；在其各自回路中均套有鼓形主动辊、从动辊及导辊和张紧装置等。

在压纸带靠近横切装置一端的主动轴可借调节两端轴承偏心套偏心量，来控制压纸带与高速带之间的压紧程度，在高速带的从动轴上方装有压轮装置和固定在叉口支座上的犁式导板，使纸张能顺利地送到低速带上。

高速带线速度比一般切纸机送纸辊速度快  $20\%$  左右；底刀与高速带和压纸带入口的距离应小于最小切纸长度，而纸张则是在高速带和压纸带的夹紧下运行，这样就保证纸张是在

拉紧状态下切断，使切口光洁、尺寸准确；高速带和压纸带由送纸辊借助同步齿形带或链条传动，有些情况下也有采用无级变速器对带速进行适当调整，目的是为了改变纸张与纸张之间的间隔长度，以保证纸张顺利进入低速带。

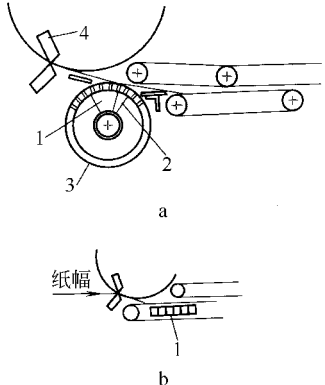


图 8-18 真空吸移器  
a—蜂巢辊式 b—箱式  
1—抽吸箱 2—吹风管  
3—蜂巢式辊 4—旋转刀

当然，纸张在进入送纸带之前也有设置真空辊或真空箱（见图 8-18）来保证纸张是在拉紧状态下切断，同时还可吸除纸尘和纸毛。

## 2. 低速带

为了降低纸张在接纸台前的速度，在高速带后设有低速带（第二送纸带）。低速带上均套有鼓形主动辊、从动辊带张紧导辊及张紧装置等。低速带由多根尼龙带组成。由一台直流（或交流）电机通过皮带带动。低速带的线速度一般控制在比高速带线速度慢 20%~40% 的范围内，以完成纸张在其上的搭叠。纸张在低速带上的搭接尺寸要从纸张最易堆垛来选择，大多数都采取相当于 40%~60% 切纸长度的搭接尺寸，即相当于二至三层搭接。

搭接装置有重力式、后缘制动式和汇集筒式多种。

图 8-19a 表示典型的重力式的搭接装置。离开第一送纸带的纸张碰到撞停辊而降速，撞停作用发生于纸张的前缘，纸张的其余部分仍有向前行进的惯性，所以该搭接装置不适合于定量低于 80g/m<sup>2</sup> 的比较薄的纸。对于定量大的纸或在多层切纸作业时，由于纸的自然刚度，惯性对纸的影响甚小可不予考虑，但对于定量较低的纸且在单、双层切纸作业时，纸在停辊时有起拱的趋势，这就限制了运行的车速。据介绍，这种装置仅适于车速低于 150m/min。高、低速带的位置高度差一般为 16mm 左右。

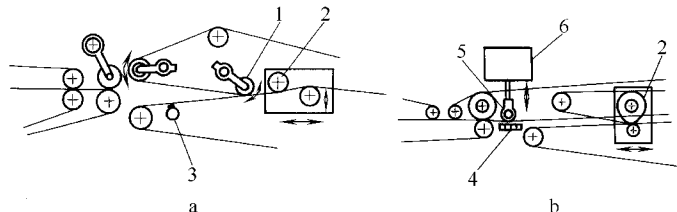


图 8-19 搭接装置  
a—重力式 b—后缘制动式  
1—辅助撞停辊 2—撞停辊 3—吸气管 4—吸气箱 5—压轮 6—压轮往复装置

由于上述缺点而发展出“抓住”纸张后缘来使纸张降速的后缘制动式搭接装置，也有多种设计，图 8-19b 为压叠式后缘制动式搭接装置，它利用压轮往复机构在纸张长度的 3/4 处的位置上把纸张压向吸气箱，使吸气箱拖住纸张后部的 1/4 段长度而降速。

由于上述装置难于处理薄纸，特别是定量低于 60g/m<sup>2</sup> 薄纸，为此又发展了汇集筒式搭接装置（图 8-20）。这种装置传动结构要求严格，其动作程序如下：纸张以 300m/min 的高速进入汇集筒，其时汇集闸门打开，纸张随汇集筒运动并由包绕在筒上的压纸带压住，纸张前缘与下一张纸的前缘正好对准重合在一起（误差为 ±0.5mm）。汇集筒可匀速运动或变速运动。汇集闸门开放至汇集成 5、10、15、20 等数目纸张后闭合，汇集好的纸张被送出汇集

筒,这样纸张获得以后的降速装置所必需的间隙,经往复压轮拖住纸张后缘而降至 50m/min,送至接纸台。

在低速带中部设有压轮及其移动装置,根据切纸长度转动手轮借助齿轮、齿条系统,使压轮置于所需位置上,该位置由操作侧墙板上标尺的刻度显示。调整完毕用螺杆锁紧。

在低速带主动轴之后还设有托架和通过多楔带传动的送纸辊,并在其上装有压轮和固定在叉口支座上的犁式导板,使纸张能顺利地送到接纸台上。压轮装置和犁式导板根据纸张幅度可分别沿着各自固定轴作横向移动,定位后由手柄螺杆锁紧,扳动手柄螺杆可抬起滚轮,并锁紧之;送纸辊的速度比第二输送带的速度快 30%。

对于设在低速带和送纸辊上的压轮装置,扳动手柄螺杆,通过轴套上扁钢提升拉簧,以减轻压轮施加于纸张上的压力借以调节纸张在输送过程中的跑偏问题。在高速带和低速带之间,还设有静电消除器和表面附有绒布的垫板。在尼龙带回程段均设有尼龙带隔离销,借以分隔尼龙带。

输纸部分机架是由两侧墙板借助定距梁连接成一个水平框架,前端通过支座与切纸部分的墙板连接,后端通过定位块与接纸台有关立柱连接。移动走台主要是为了方便处理输纸部分出现非正常情况而设置,可根据切纸长度的大小移至相应便于操作的位置,并锁紧。

#### (六) 接纸装置

在第二送纸带后有接纸台。纸张在放于地面或是升降台的垛板上堆成垛。接纸台由横向拍纸装置、侧向拍纸装置、挡纸装置、升降台、立柱、定距梁等组成。

为了方便堆垛,接纸前设有接纸辊,接纸辊的速度比低速带快 30%,它由低速带通过链条或齿形带带动旋转;堆垛的纸张受阻于直立的挡纸装置,挡纸装置的位置则根据切长来设置;在纵向还设有隔纸板。为了保证纸张堆垛整齐,接纸台还设有横向拍纸和侧向拍纸装置;升降台则根据堆垛情况自动或人工控制其升降。

##### 1. 拍纸装置

横向拍纸装置主要由型钢支架、偏心连杆机构及拍纸板等组成,拍纸动作是由一台分马力电动机通过多楔带带动偏心轴和连杆,使拍纸板绕着支点摆动,以拍打纸边,使之整齐,通常拍纸振幅为 12~15mm。

##### 2. 侧向拍纸装置

该装置由两侧拍纸板和中间隔板构成,每块板借支座夹紧在轴上,两侧拍纸板配有气动振荡器,使两侧拍纸板振动而拍打纸边,使之整齐。

根据纸张规格,两侧拍纸板可沿支承轴做横向调节,同时整个侧边拍纸装置借助支承座可沿侧板导轨做前后调节。

##### 3. 挡纸板及其移动装置

挡纸板可根据切纸长度,转动手轮,借助齿轮齿条使挡板置于所需的位置,其切长尺寸在操作侧侧板标尺上有刻度表示,调整完毕可用手柄螺杆锁紧。

##### 4. 接纸器

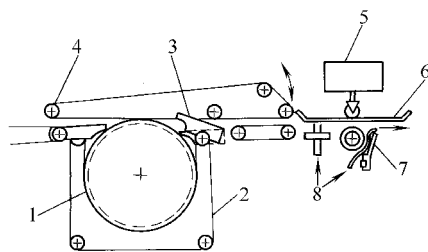


图 8-20 汇集筒式搭接装置

- 1—汇集筒 2—筒上压纸带 3—汇集闸门  
4—升降支点 5—往复压轮装置  
6—铁丝 7—前颚板 8—喷气嘴

接纸器一般可分为卷扬筒式和液压升降式；卷扬筒式由气动或电动形式使接纸台升降，而液压升降式则利用油泵和油缸使接纸台升降。

对于双刀切纸机，接纸台则为两组，上述部件也相应增加。

在有些切纸机上，还装有数纸器。纸张的张数由横切装置刀辊的切纸次数及同时退纸的纸卷数来规定。每 1000 张或者 500 张纸就向纸垛端部自动插入彩色纸条。

#### （七）插纸装置

插纸装置直接装在浆板机或纸板机后的切纸机上，以实现不停机切纸和接纸，当切好的纸在接纸台或纸垛小车上堆成一定高度的纸垛时，插纸装置开始动作，浆板或纸板就临时堆放在该装置上，待新的垛板或空的小车准备好以后，插杆就缩回去而放在其上的切好的纸板由不大的高处落在垛板或小车上，完成换垛工作。它主要由插杆、支承架、移动架、链轮链条和传动电机等组成。插杆为多根型钢组成指形结构，它一端与移动架相连，另一端则支撑在支承架的尼龙托轮上，这样电机通过链轮链条带动移动架和插杆实现插纸动作。

#### （八）传动机构

单刀切纸机的驱动点为下送纸辊、纵切下刀辊、横切刀辊、高速带、低速带、接纸辊等，另有辅助电机带动吸边风机和拍纸装置。大多数低速切纸机采用单个电机通过齿轮或齿形带、变速机构来传动，而对于新型切纸机则由主电机带动前四者，由另一电机来传动低速带和接纸辊。

切纸机的传动要求如下：①纵切下刀的线速比纸幅速度快 5%~15%；②高速带的线速比送纸下辊的线速快 10%~30%；③横切刀辊的线速可在 1:4.5 或 1:6 的范围内单独调节，以保证得到规定的切长；④低速带的线速应按上述搭接的要求作相应的调节。

切纸长度的偏差是与下送纸辊的线速度和横切刀辊线速之间的协调程度有关的，通常切纸机的总车速用改变电动机转速来调整，横切装置中刀辊的转速由调速部件来调整。

### 三、检选装置

纸幅经过裁切后，还须进行外观检视，对纸张上的尘埃、褶子、皱纹、油污点、砂眼、缺口和浆疙瘩等疵病进行检查，把不合格的纸张剔除来分成正品、次品和损纸，然后把合格的正品纸张按 500 张为一令进行数纸、插签、分令。

不久以前，大量的选纸、数纸工作是在切成平张纸之后人工地进行的。这个方法耗用了大量劳动力，生产效率低（选纸有效的时间只占整个工作时间的一半），费用高（高级纸花在选纸、数纸和包装的费用占成本的 1/2~1/4）。因此，近年来国内积极研究和发展自动检选装置，用单台的选纸机或切选机选纸和数纸，以减轻劳动强度、稳定成品质量，提高生产率。目前，自动检选装置已广泛地用于造纸机和完成工段设备上。

自动检选装置可分为光电检选与接触检选两大类。前者又分为光电元件组合法、飞光点扫描法和飞像扫描法等；后者又分为电接触法和机械接触法等，如表 8-4。

#### 1. 光电元件组合法

如图 8-21 所示。由反射用的光源 1、2（或透过用的光源 3）在检选部位将纸面照亮，在沿纸面横向上排满了光电池（或光敏二极管），对纵向宽 1mm 的纸面进行检选。如果行进的纸幅出现光学性的疵病，那么反射的光（或透过的光）的光量将会有变化，光电池及检电路的光电流随之也变化，借此可把纸病检选出来。

表 8-4

常见的检选设备

| 类别   | 名 称             | 基本工作原理                   | 检查的纸病                     | 适应的纸速             |
|------|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|
| 无接触式 | 飞光点扫描检查装置       | 借横越纸幅的光点反射强度变化来分辨纸病      | 尘埃、条纹、斑点、空洞等              | 100~350m/min 以上   |
|      | 飞像扫描检选装置        | 借光在纸面上扫描的像的反射强度变化反映出纸上斑点 | 除上述外, 还可检测出 0.55mm 直径的全斑点 | 100~120m/min      |
|      | 飞光点/飞像扫描检查装置    | 借光点的像在纸面上扫描反射强度的变化分辨纸病   | 黑点、尘埃、条斑、孔洞等              | 120~480m/min 或以上  |
|      | 光电池(光敏元件)组合检查装置 | 借纸面放射光或透过光的光量变化来分辨纸病     | 黑点、尘埃、条斑、孔洞等              | 400~1500m/min 或以上 |
| 接触式  | 金属丝刷检查装置        | 借金属丝同被纸幅所包绕隔开的衬辊接触来检查    | 主要是孔洞                     | 大于 400m/min       |
|      | 压电反应检查装置        | 借纸幅厚度变化在压电片上产生信号来检查      | 条纹凸起、浆疙瘩和凹坑               | 400~1500m/min     |

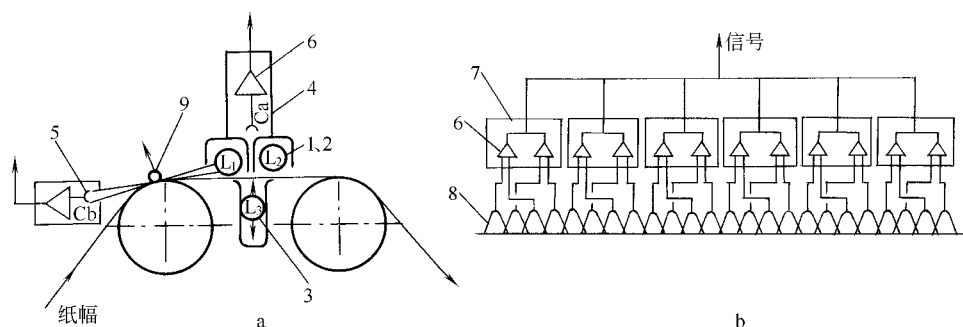


图 8-21 光电元件组合检选装置

a—组合总装示意图 b—横向示意图

1、2—反射用光源 3—透射用光源 4—光电检测头 5—光电管 6—放大器 7—放大器支架  
8—光电池 9—接触式检选器

当纸幅纵向运动时, 每一光电池只负责监视一行, 观测区域约为  $(10 \times 1) \text{mm}^2$ 。两元件管辖的交接处不能留有空白。为了避免漏选, 一般常用两排交错排列。本方法的优点是元件均为静止的, 不用扫描, 尽管每一个光电池各自需要一套检选电路, 电路较多, 然而其结构依然是简单的。检选速度取决于纸幅运行速度, 约为  $60 \sim 400 \text{m/min}$ 。另一优点是讯号噪声比的比值较大。缺点是每一光电池都要一套放大器, 调节其一致性比较困难, 此外, 光源易招引小虫飞入检选区而引起误选。

## 2. 飞光点扫描法

如图 8-22 所示。从高强度点光源而来的光经透镜和反射鼓加以集光, 使在纸面上作成点光源的像, 然后从纸面上反射影像按原路径经棱镜折射到光电倍增管接受。正如前述一样, 利用纸病而引起光电流的变化便能将纸病检选出来。

假如集光系统中的镜鼓是静止的, 行进的纸幅只有沿某一纵向线上的光点能够反射进入光电倍增管, 而这纵向线外的所有点均不能反射进去; 为此, 必须使用高速旋转的最高可达  $9000 \sim 12000 \text{r/min}$  的多面棱镜 (多达 20 面的镜鼓), 这样, 转动的镜鼓在一瞬间内就能横向扫描全幅纸面。随着纸幅不断行进, 即可将纸幅均匀扫描。本方法的检选速度可达  $120 \sim$



480m/min。

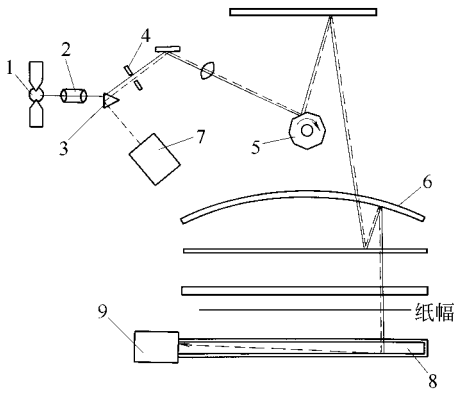


图 8-22 飞光点扫描检选装置

1—光源 2—透镜 3—棱镜 4—光栏 5—反射镜鼓  
6—弧面镜 7—光电倍增管 8—集光器 9—光电管

为了免于受到光点以外的周围光源的影响，必须将光点扫描部分和光电变换部分加以屏蔽，以尽量减少误选。

本方法由于使用光电倍增管，使光电流放大，因此可提高检选的灵敏度。但对反转镜鼓的精确度要求非常高，成本昂贵，维护要求高。

近来，光源已发展为采用激光。激光光源具有发光能量集中的特点，发散角仅  $1 \sim 2\text{mrad}$  (毫弧度)，不经任何光学措施，从光源射到距离 2500mm 的纸面上的光斑只有 5~6mm 直径，因而就为飞光点扫描法带来了有利条件。

### 3. 飞像扫描法

如图 8-23 所示。它是用功率达数千瓦的两支高压水银灯将检选部位的纸幅全面照亮，把纸幅上的像通过高速转动的多面反射镜鼓和光栏到光电倍增管接受，进行检选。同样，回转镜鼓也是横向扫描的，检选速度可达  $100 \sim 1200\text{m/min}$ 。这种方法要求光源对被检纸幅有均匀一致的照明，这一点非常重要。其优点是精度较高，在检选时不用将周围特别弄暗。但缺点是成本昂贵，维护要求高，高压水银灯的紫外线很强，若紫外线漏出箱外将会招来小虫而引起误选。并且，高强度的光能影响成品质量，停机时应注意防止把纸幅烤焦。

上述三种方法均可以用于检选纸张的光学性疵病和破洞等。

### 4. 电触法

用于检选纸张孔洞。其检选器的结构主要是由一个表面磨光的衬辊和一排用刚硬的青铜细线作成的刷子组成。刷子与衬辊表面互相接触，纸幅在两者之间通过。在正常情况下，刷子的金属线与衬辊表面由纸幅隔离着，彼此互不直接接触。一旦纸幅上出现砂眼或裂缝时，刷子上的某些金属线即直接与辊筒表面接触而发出信号。该纸病信号经放大器而按顺序传递到存储器和分选门，并指示分选门动作检选纸张。这种检测器的灵敏度很高，可以测出直径 1.6mm 的孔洞，检选速度可达  $100\text{m/min}$ 。过高的速度会降低检选效率。

### 5. 机械接触法

它是借压电效应或其他效应将凹凸形的纸病如浆疙瘩等转化为微位移，然后再转变为电学的或光学的参数而进行检测。当有凹凸不平的纸病时接触检选器就抬起，光就能射到光电管产生信号。压电式检选器的结构主要有一个表面磨光的辊筒和一排压电式位移传感器组成。传感器的接触片与辊筒表面紧密接触，纸幅在其间通过。利用压电陶瓷(铌镁酸铝)片的压电效应——当陶瓷薄片的表面压力发生变化时，薄片的两面就会带电，内部出现极化，即把机械能转换为电能。应力去掉之后压片重新回到不带电状态。在测量过程中，能够将被选纸张上的凸起的纸病通过传感触臂和杠杆变成位移，由压电片转换为电压信号，则放大器发出信号给存储器和分选门，指示分选门动作而剔除纸张。该检选器的灵敏度可以在较大的

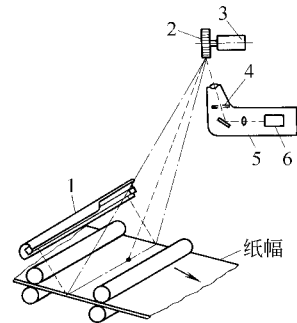


图 8-23 飞像扫描检选装置

1—棒状光源 2—反射镜鼓  
3—同步电动机 4—光栏  
5—暗箱 6—光电倍增管

范围内调整,以适应所要检选的不同的凸出高度。灵敏度一般能测出大于  $20\mu\text{m}$  的差异,最高灵敏度能测出  $6\mu\text{m}$  的差异;检选速度可达  $300\sim 600\text{m}/\text{min}$ 。因其成本较低,所检选的又是占纸病 80% 的引起印刷机停机的疵病,故使用得较为普遍。此法存在需要恰当处理讯噪比的问题,否则不易取出信号。为解决讯噪比的问题,有时用正常情况下非接触的检选原理,即传感器调节成不与纸面接触,当给定的凸出纸病通过才触发传感器产生压电信号。此时要求有精密的调节位移装置。

## 四、切 选 机

切选机可以将精切、选纸和数纸等工序联合在一台设备上自动地进行。它取消了人工选纸和数纸,减少了损纸,免除了中间搬运和中间堆存,免除了人工选纸时要由闸刀切纸机精切纸边,有利于构成自动作业生产线。图 8-24 是一种切选机的示例。

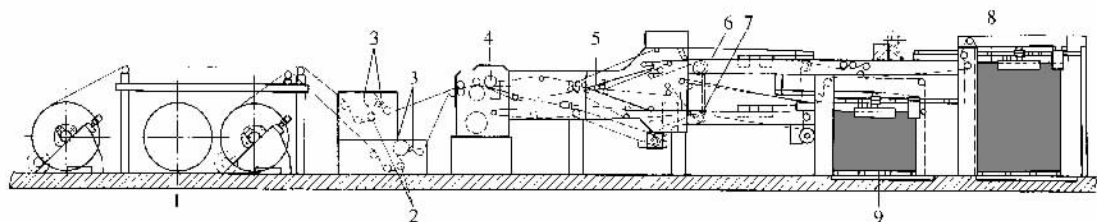


图 8-24 切选机

1—退纸架 2—纸幅张力控制器 3—检选装置 4—横切机构 5—分选门 6—正品纸搭接送纸带  
7—次品纸搭接送纸带 8—正品纸接纸台 9—次品纸接纸台

切选机除了要配置检选装置、分选门、次品送纸系统和记忆电路之外,其余部分与切纸机大同小异。从图 8-24 中看出,退纸架上装有两个或更多的纸卷,通过良好的张力控制器和纸幅校正器,使各纸幅不起皱不颤动地通过检选装置。检选装置的检测头装在机架上,在引纸或维修时可以抬起。检选装置可以用电子的或机械接触型的。通常设有两个检选系统,一个用来检查光学性纸病,另一个则检查浆团或纸厚的突变。机架上还配置有弧形辊、引纸辊和真空吸尘管等。

### (一) 退纸架

切选机配备有两个退纸架,同时切选 1~2 层纸,不配用较多的退纸架是为了避免选纸次品率和再次选纸的工作量随着切纸层数的增加而增大。一般地说,单层纸的次品率可能达 2%~10%。当同时裁切 6 层时,因为一层纸有纸病就有 6 张纸被选剔除,也就是再选率可能达到 12%~60%,而实际上允许的再选率是 20%。因此,只有当次品率低于 5% 时,切多层纸才有经济上的实用意义。

切选机的退纸卷也要制动。对于定量低于  $200\text{g}/\text{m}^2$  的纸,退纸的制动张力一般为纸的抗张力的 1/10 左右。

### (二) 静电消除装置

切选机的送纸速度较高,使纸张摩擦,发生静电现象,造成后部码垛困难。因此,在横切之前装设静电消除装置。图 8-25 是放电式静电消除器。它把交流电转换为  $9000\sim 10000\text{V}$  的直流电,通过电极针在离纸面  $100\sim 200\text{mm}$  处放电,通过正负电的交换而使纸呈中性。交流最好调为  $500\text{Hz}$ 。当纸速  $100\text{m}/\text{min}$  以上时,推荐在放电区喷约为  $100\text{kPa}$  的压缩空气,喷气管内径为  $6\sim 13\text{mm}$ ,喷孔直径为  $1\text{mm}$ ,孔距为  $50\sim 60\text{mm}$ ,风量为  $0.49\sim 0.66\text{L}/(\text{min}\cdot$

cm) 幅宽, 以不断驱散电离的空气, 提高消除静电的效果。电极针用  $\phi 0.9 \sim 1\text{mm}$  的不锈钢针, 伸出管面 10mm 左右。

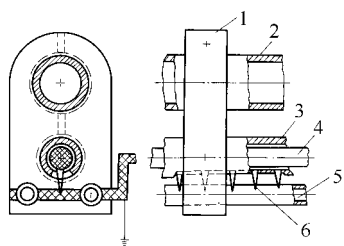


图 8-25 放电式静电消除器

- 1—支架 2—支承管 3—电缆保护管  
4—高压电缆 5—喷气管（兼作接地棒） 6—电极针

### (三) 分选门

对分选门的动作要求是快速准确, 即使连续出现次品纸也不至于堵塞。为此, 分选门必须在高速送纸带上两张纸之间的间隙时间内完成一个周期的动作。对于切选机车速超过 150m/min 时, 分选门的快速准确的动作更是关键问题。根据实测一台车速 150m/min 的切选机, 开启分选门需要 0.06s, 闭合需要时间 0.1s, 一个周期总时间为 0.16s。目前切纸机极限车速为 300m/min, 其原因主要受分选门的限制。

分选门动作的控制有电磁铁、旋转的磁性线圈和气动阀等三种方式。分选门的材料一般用铝合金, 以减轻质量、减小动作惯量、缩短动作时间和减小驱动力矩。图 8-26 为用电磁铁的一型式。图中 17 与 18 为特制的电磁铁, 它在动作过程中能迅速消除剩磁。12、13、14、15、16 为限位开关。据称该部件的动作时间达 1/100s, 可以适合于 300m/min 左右的车速。如高速送纸带速度为 350m/min, 切长为 600mm 的纸张, 纸张间距为 200mm, 则每次分选门作周期极限时间是  $0.2 \times 60 / 350 = 0.034\text{s}$ 。采用这种分选门时, 即使电磁铁留有 50% 的裕量也只要 0.015s 的动作时间, 这就少于周期极限时。

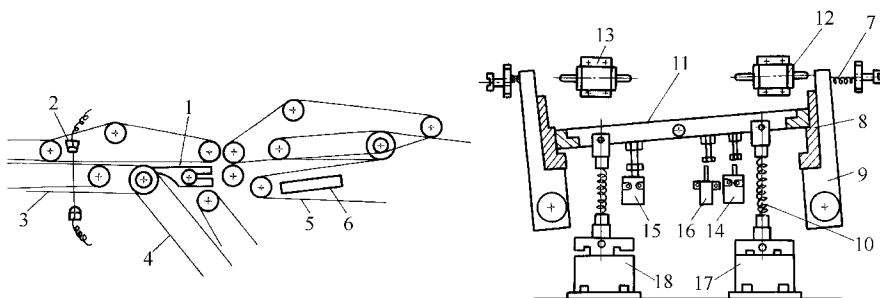


图 8-26 电磁铁控制的分选门

- 1—分选门 2—光接收器 3—高速传送带 4—次品纸高速传送带 5—正品纸搭接传送带  
6—抽气箱 7—小弹簧 8—镶片 9—制动品 10—大弹簧 11—分选门控制杠杆  
12、13、14、15、16—限位开关 17、18—特制电磁铁

### (四) 记忆电路 (分选控制电路)

记忆电路用以正确操纵分选门的开或关, 故又称分选控制电路。它的控制过程是: ①对于检选了纸病的纸幅必须在它从检选装置到横切机构的行程中进行追踪, 以确定纸病落在哪一张纸上; ②在纸幅被切断后应对带纸病的纸前缘进行追踪, 并在该次品纸前缘抵达分选门的瞬时时将分选门打开。这两个控制都借助于半导体管组成的自动控制电路来实现。

### (五) 纸张计数器与插签器

使用纸张计数器可以免除人工数纸。纸张计数器以机械传动方式或以光电控制方式进行工作, 而以后者较为完善。光电式的纸张计数器实际上是由一个光敏三极管组成的光电计数装置, 计数可进行到百位数直至 999。可由选择开关来选择额定的纸张数, 达到预定张数后, 计数器会自动置零 (复位到零)。此外, 计数器还可以累计纸令数目。

插签器的作用是当正品纸满令时自动将纸条塞入纸令，作为分令标记。它包括一套控制电路。当数纸满令时，塞纸条的可控硅电路被触发接通，卷成盘纸的纸条被塞进正品纸垛。随后由继电器使切纸剪刀的电磁铁被吸动，将纸条切断，完成插签的全部动作。插签经瞬时动作后，电路迅速地切断而各机件迅速地恢复原位。

## 第二节 复 卷 机

### 一、概 述

纸卷从造纸机、涂布机或超压机卷纸机下机后，尚有更多的缺陷，如：内部破损、断头、两侧边缘不平整、直径较大（大型纸机通常大于  $\phi 2500\text{mm}$ ），纸幅宽度与纸加工设备或印刷设备不相适应，有些纸种还需要切平张及进入打包生产线，因此要生产出合格的产品，为下道工序做好准备，需要设置复卷设备。

通常复卷机安装在紧接造纸机的后面，可以用吊车直接将卷纸机上的纸卷吊装到复卷机的退纸架上。复卷机的主要功能是清除质量不好的纸张及粘接断头，分切所需宽度，卷曲所需纸卷直径，保持纸卷内外紧度基本均匀，盘面平整。

复卷机是造纸机械中运行车速最快的机器，其车速达  $1500 \sim 1800\text{m/min}$ ，最高达  $2500\text{m/min}$  以上。复卷机的工作原理是：把造纸机上取下的纸卷安置在退纸架上，退纸架上的制动装置使纸幅保持有一定的张力，并在断纸时使纸卷快速制动以减少纸张损失。纸幅通过引纸辊和纵切机构切成所需要的宽度，然后按所需紧度和直径卷成纸卷。复卷机的主要结构参数是能处理的纸幅宽度和最高车速，其次是退纸和卷纸的最大直径、切纸方法和传动型式。

### 二、复卷机的分类及应用

复卷机按照其不同的应用可为预复卷机、精复卷机、专用复卷机。

#### （一）预复卷机

主要应用于较宽幅门和较高车速造纸生产线的完成工段，放置于造纸机卷纸机的后部或完成设备的前面，为后续工段的高效率、高质量的生产做好准备，如进入高速涂布设备或超级压光机等。由于后加工设备工作车速较高，为保证其高效率 and 低损耗，就对原纸卷要求同样具有较大的直径。考虑到纸卷较重，因此其退纸卷芯和卷纸卷芯与造纸机上卷纸机的卷纸辊采用相同的结构，即均为钢制结构，其两侧均带有与传动相配的联轴节。

在预复卷过程中要完成下列工作：①对造纸机下机的纸卷断头进行平整的粘接。②按照纸品要求进行切边以适应涂布机和超压机使用要求。③预复卷后的纸卷应具有较好的外形几何尺寸和较为理想的紧度曲线。

典型的预复卷机如图 8-27 所示。

#### （二）精复卷机（成品复卷机）

一般应用于生产成品纸卷，放置在造纸机或超级压光机后，其复卷完成的纸卷进入完成工段进行打包、封头及贴标等后续工作。由于复卷后的成品纸卷经过包装后将直接进入印刷机，因此对纸卷具有较高的要求。

复卷机是造纸机械中运行速度最快的设备，由于造纸厂的规模逐年扩大，对复卷机的能力

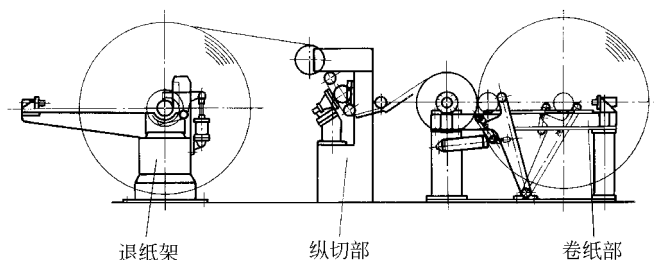


图 8-27 典型的预复卷机

提出了更高的要求。现代复卷机随着机械加工精度的提高和计算机控制水平与造纸设备的完美结合，其工作车速和控制水平有了较大的发展，国内设备其最高工作车速达到 1800m/min，最大工作幅宽 5500mm。而国外先进水平的复卷机最高工作车速达到 2800m/min，最大工作幅宽达到 10000mm 以上。

一般复卷后的纸卷用纸芯，其规格主要有  $\phi 76\text{mm}$  和  $\phi 152\text{mm}$  两种。

成品复卷机有下列几种类型。

### 1. 上引纸复卷机

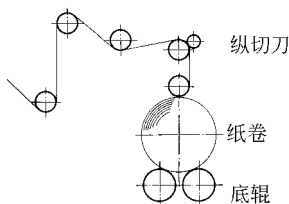


图 8-28 上引纸复卷机的典型圈路

上引纸复卷机（典型圈路见图 8-28）中纸幅通过纵切机构，绕过压纸辊而卷在纸芯上。纸卷由两只卷纸底辊支撑着，纸卷中心随着纸卷直径的增加而升高，压纸辊和纵切机构也随之上移。这种型式的复卷机的优点是引纸方便，结构简单，操作方便，维修简单。但也有不足之处：由于压纸辊和纵切机构压在纸卷上方，结果造成纸卷与支撑底辊的压区的压力增大，如无压纸辊和纵切机构的平衡装置

时则卷曲出的纸卷较硬（压区压力越大则纸卷越硬）；其次纸幅在压纸辊后直接就卷到纸卷上，靠两个支撑底辊的传动扭矩差来控制纸卷硬度的可能性很小，因此纸卷硬度无法控制。此类型复卷机多用于低车速的复卷生产。

### 2. 下引纸复卷机

下引纸复卷机（典型圈路见图 8-29）纸幅从机器下部绕过底辊进行卷曲。纸卷从退纸

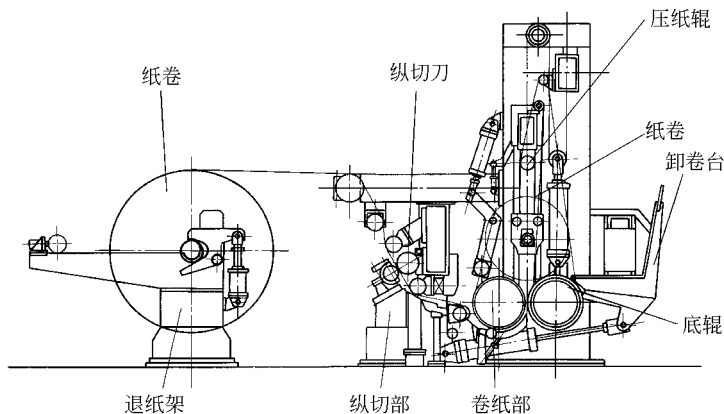


图 8-29 下引纸复卷机的典型圈路图

架经过导辊后进入纵切装置，绕过支撑辊然后卷在纸芯上。在复卷过程中，纸幅张力把纸卷拉向卷纸底辊使逐渐增大的纸卷得以稳定，并在高速与运行时保证卷纸质量。该类型复卷机还可运用变化两个支承辊的传动转矩差，结合压纸辊与纸卷间压区的压力调节，对纸卷质量作很好的控制。这类复卷机的纵切机构安装在固定位置上，避免了轴向窜动，使切纸精度得到保证，易于分卷；并且大部分转动部件靠近地面，重心低，在高速运行中仍然保持稳定，因此它使用得较广泛，能处理从低定量纸直到纸板等品种。它的缺点是操作人员不易接近机器底部，不便于引纸，为此常常在机台下方设一地坑，使得操作工人易于接近。较高档的复卷机设有自动引纸机构。

下引纸复卷机除上面的典型圈路外，还有其他几种可供选择，如图 8-30 所示。

### (三) 专用复卷机

复卷特殊纸种如低定量印刷纸、压感纸、聚乙烯涂布纸、硅酮涂布纸、双面超压的美术纸和玻璃纸等时，要求较高。在双辊复卷机上，纸卷与支承辊间的压力随纸卷直径增大而增加，造成过大的纸卷硬度和其他纸病。虽然这些问题可能借助于压辊压力平衡机构将纸卷减重而在一定程度上有所克服，但还不能完全令人满意。因此，其中一些纸种仅能在双底辊复卷机上复卷较小直径的纸卷，而另一些纸种甚至不能在双底辊复卷机上复卷。

为了适应这些对硬度控制非常敏感的纸种，发展了各种类型的专用复卷机，如双辊双面复卷机（图 8-31）、单辊双面复卷机（图 8-32），其共同的特点是纸卷的重力不支承或部分支承在支承辊上。

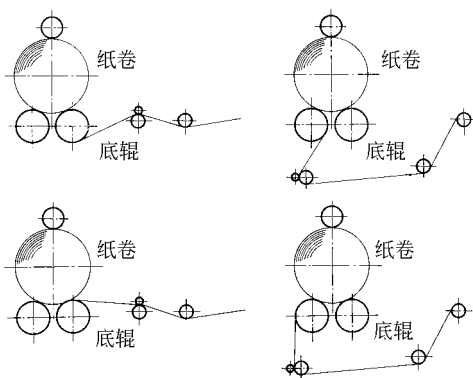


图 8-30 下引纸复卷机其他类型的圈路图

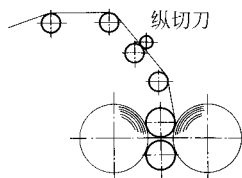


图 8-31 双辊双面复卷机

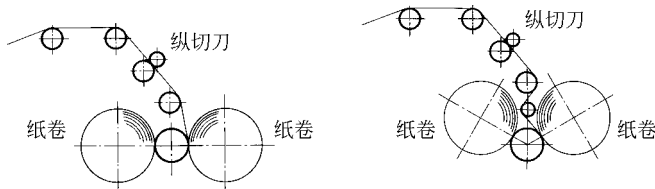


图 8-32 单辊双面复卷机

如图 8-31 所示，图中支承辊成垂直地排列，每个分切出的纸卷交错地卷在支承辊两侧，这样就较好的解决了分卷问题。各个卷纸轴支承在装有滚动轴承的短管轴上，并靠气压缸把纸卷向两支承辊加压，控制其压力以及控制两支承辊的转矩差使纸卷具有所需的紧度。纸卷被支承在倾斜的导轨上。在卷取过程中，逐渐增大的纸卷由与两支承辊同时接触而演变为仅与一辊接触，因而双辊复卷机就慢慢地转变成单辊复卷机。增大着的纸卷硬度靠气缸加载的

杆臂所控制而抵消掉，这种较复杂的控制可卷取大直径的纸卷。

图 8-32 所示的是另一种型式的结构，是在单辊的两边交错地复卷纸卷的复卷机。硬度控制的方法与前述相同。

这类复卷机另一个优点是：由于每个复卷纸卷是单独控制的，任何横向波动（如厚度变化或松边）都能较容易地被补偿。但缺点是要求复杂的多重控制，引纸和变换规格所需时间长，而且投资较高。

盘纸分切机也是一种专用复卷机。设计有各种不同的纸幅运行线路，专供纵切和卷取 15~200mm 窄幅盘纸如电容器纸、卷烟纸和电缆纸等，设计车速可达到 600m/min。

薄纸复卷机用于复卷薄皱纹纸，最多可同时卷取四层薄纸。近来，实现了在复卷部分中进行纸幅压光，所以复卷机演变成为包括退卷、压光和复卷的联合机组。这种复卷机靠调节速差来复卷具有既定的起皱比率的皱纹纸，并且在复卷周期中保持恒定。因此，它比普通的复卷机所需的传动精度要求更高。

### 三、各种复卷机的适用范围及控制要求

#### （一）影响复卷机选型的因素

##### 1. 复卷机的生产能力

分析复卷机的生产能力时，要考虑到复卷机生产中的两个特点：①复卷机的生产能力应与造纸机生产能力相应，否则将影响造纸车间生产的连续性。②复卷机是一种间歇性生产机器，影响复卷机生产能力的主要因素是复卷机的纸宽、车速、辅助工序所需的时间和卷取纸卷的直径。

复卷机的幅宽是和造纸机相适应的，没有选择的余地。

复卷机的车速和辅助工序所需时间（决定于复卷机的机械化程度）对其生产能力的影响，在不同条件下是不相同的。对于低速的复卷机，提高车速能够明显地增加其生产能力。但对于高速复卷机，仅仅进一步提高其车速时，对其生产能力的提高却往往没有明显的影响。

卷取纸卷的大小能够影响到复卷中辅助工序所需时间的比例，因而也能影响到复卷机的生产能力。

现代化的复卷机车速已经很高，达 2500m/min 以上，但真正在最高车速下运转的时间是很短的。相反，用在辅助工序上的时间所占的比重越来越大。大致来说工作时间与辅助工作时间基本相等。因此使辅助工序机械化，减少辅助工序所需的时间，对提高复卷机的生产能力是很有意义的。同时为了提高复卷机的生产能力，应尽可能地增大造纸机的卷纸机上卷出纸卷的直径，减少换卷时间，这同样能明显地提高复卷机的生产能力。

##### 2. 生产纸张品种、规格和质量的影响

预复卷机及专用复卷机的使用场合比较固定，所以其形式变化不大，而成品复卷机则根据不同的应用对选型产生影响。根据不同的纸种可选择不同的复卷形式，通常卷曲较大的纸卷会选用单辊复卷机以便于控制卷纸质量。而选用双底辊复卷机也可根据情况选择纸的走向、底辊形式。

#### （二）高速复卷机的控制系统

一台完善的复卷机必须具有下列三种主要的功能：①压纸辊压力的自动程序控制；②支承辊转矩程序控制；③自动张力控制。

要复卷出合格的成品纸卷，上面的几种控制形式在常规的复卷机设计中均应考虑，可结合复卷机所卷曲的纸种、工作车速、卷纸直径等因素对控制要求和控制精度进行确定。

复卷机上纸卷的质量主要指标之一是均匀的紧度。合适的紧度是保证纸卷在运输和储存过程中不发生裂口、断裂和变形的必要条件。纸卷的紧度主要决定于：①卷纸时有适当的线压力，并能随着纸卷直径增大而适当调整；②前后支承辊有适当的转矩差或速度差；③纸幅张力对纸卷质量也有较大影响，因此要保持纸幅张力稳定。

要复卷出理想紧度的纸卷应在下列方面给予注意：

### 1. 压纸辊压力的调整机构

压纸辊的作用力对卷纸紧度有较大的影响。压力调整机构的作用是保持纸卷与支承辊间压区的压力稳定，约为  $1 \sim 1.2 \text{ kN/m}$ ，这就防止在初卷时因卷纸轴太轻而打滑以及在复卷后期因压力太大而卷得太紧。一般压纸辊应带有传动，以便对纸幅施加附加作用力。

支承辊上的总垂直负荷  $G$  由纸卷的重量  $G_1$ 、卷纸轴的重量  $G_2$  和压纸辊的重量  $G_3$  所组成（图 8-33）。

$$G = G_1 + G_2 + G_3 \quad (8-25)$$

纸卷和支承辊之间的线压力等于：

$$q = Q/b = G/2b \cos \alpha \quad (8-26)$$

式中  $\alpha$  ——垂直线与纸卷和支承辊的联心线之间的夹角， $(^\circ)$

$b$  ——纸卷宽度，mm

$$\sin \alpha = a/2(r_1 + r) \quad (8-27)$$

式中  $a$  ——两支撑底辊中心距，mm

$r_1$  ——纸卷半径，mm

$r$  ——支承辊半径，mm

在没有调整压纸辊压力的平衡机构时，纸卷和支承辊之间的线压力的增加速度稍慢于纸卷质量的增加速度（因为当直径增大时， $\alpha$  角减小，而  $\cos \alpha$  却增大），但它总是随着纸卷直径的增大而增加的。

在旧式复卷机上，压力调整机构是采用机械的平衡装置。为了增加平衡力，而将重物挂在固定于横轴上的凸轮或偏心的链轮上，在该轴上装有链轮，用链条与压纸辊或纸卷轴连接。纸卷直径增大时，横轴就转动，使重物固定端的凸轮臂增长，这就能使平衡力增加。

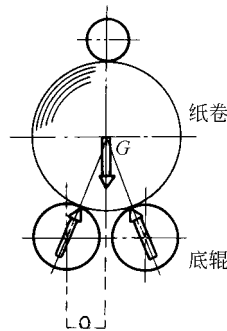


图 8-33 支承辊上的总垂直负荷示意图

在新式的复卷机上，调整压力是自动程序控制的，它们采用气压式或液压式平衡机构。图 8-34 为一个气压式平衡机构的简图。

当纸卷较小时，压辊及压辊梁的重量较大的压在纸卷上以保证初始紧度，随着纸卷的增大，自身的重量在逐步增加，在上部链轮带有位移检测机构，检测机构检测到位移量可采用机械或电控的方式通过电气比例阀控制平衡气缸的压力，随着纸卷的增大而提高平衡气缸的压力，从而减少压辊对纸卷的压力以保证压区的压力稳定。

### 2. 底辊转矩程序控制

为了获得优质纸卷，支承辊转矩或速度控制必须满足适当的条件。如使用速度控制，支承辊间速差幅度应小于  $\pm 0.2\%$ ，且当纸卷直径增大时，两支承辊的速度必须接近  $1:1$ 。对



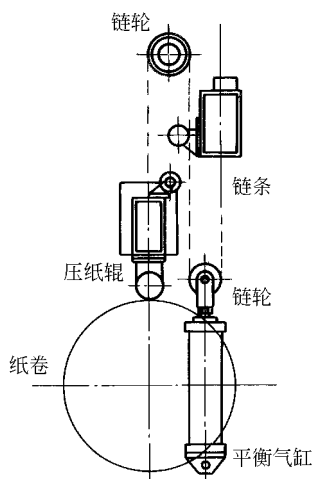


图 8-34 气压式平衡机构的简图

电动机各自单独传动两个支承辊，由电气调节进行程序控制转矩。在控制台上有两个电位计，用以在开始卷纸及终止卷纸时调节纸卷紧度，运行时由第三个电位计随纸卷直径增大而调节两辊间的速度和转矩。

对许多种纸来说，仅仅有适当的压纸辊压区压力的程序控制，还不能生产出质量良好的纸卷。同样，适当的支承辊转矩的程序控制，也不能单独地完全达到目标。只有压纸辊压区压力程序控制和支承辊转矩程序控制的适当配合，才能卷成从卷纸芯到外层硬度甚为均匀的纸卷。

### 3. 张力调整机构

在复卷过程中，纸的张力大小主要由纸种来决定，通常为  $0.3 \sim 2 \text{ kN/m}$ 。正确地选用纸的张力能在一定程度上改善纸卷的质量，减少断头，保持复卷机工作稳定。因此，复卷机的传动应自动地保持张力稳定，并能根据生产需要进行调节。调节范围通常为  $1:4$ ，张力最大的波动值不应超过  $\pm 10\%$ ，最小张力为  $0.3 \text{ kN/m}$ 。

张力调整机构有多种型式。原始的张力机构是用手操纵制动器来获得张力的，因其操作复杂且张力大小不一致，仅适用于老式的低速复卷机上。

现代的高速复卷机多采用带有制动发电机的电气控制系统与张力传感器来控制张力。在运行时，制动的直流电动机实际上处于发电状态。调节制动发电机保持恒定功率就能自动控制纸幅张力恒定。

为适应高速和大的卷径变化范围，新型复卷机张力控制系统采用直接检测的张力反馈，在大卷径时控制制动发电机的端电压、在小卷径时控制其磁场的办法。并将制动发电机所发出的电能馈入电网。这种方法可使复卷机获得良好的性能。

其他的张力自控器尚有电气压力型、光电吸入型等型式。

许多纸种来说，在启动时要用正速差，使在卷芯处卷得紧，而在直径卷大以后又希望有负速差，使纸卷外层卷得松些。若无精度高而配置适当的速差程序控制，是不能达到这种要求的。

转矩的程序控制通常是控制前支承辊的转矩，其大小随着纸的品种而异，并需要在现场实验来选定。图 8-35 为某些纸种的转矩程序控制曲线。从曲线中可以看出，在启动时差不多全部转矩施加于前支承辊，使纸卷绷紧。随着纸卷直径增大，前支承辊的转矩逐渐变小，后支承辊的转矩大于前支承辊，直到两支承辊的转矩相匹配为止。应该强调，转矩的程序控制最重要的还是启动时的转矩。

在采用单电动机驱动时，可用精加工的可调节三角皮带轮，由负荷继电器接受信号来胀开或缩拢皮带轮，使前支承辊超前或滞后。在现代复卷机中，往往配置两个直流

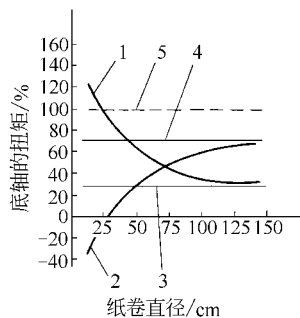


图 8-35 某些纸种的转矩程序控制曲线

- 1—取得初卷时最大硬度而设计的前底辊转矩
- 2—取得初卷时最大硬度而设计的后底辊转矩
- 3—取得最软卷曲而设计的前底辊转矩
- 4—取得最软纸卷而设计的后底辊转矩
- 5—达到 100% 纸幅张力所需的总转矩

## 四、复卷机的主要结构

### （一）退纸部

纸卷安置在退纸架上，为了从纸幅两侧切下的纸边宽度一致，退纸卷应能沿轴向移动调位。而在新式的结构中纸卷连同退纸架整体移动，以保证退纸架有较大的刚度。除了用手动装置移动纸卷外，还可采用气动、电动或光电装置自动调节其轴向移动，这就可使复卷机上的切边较窄，仅为 5~10mm，而在手动调节的情况下切边约为 20~25mm。

退纸机构备有空卷纸轴的卸出装置。它由一对绞接装设的液压操纵的杠杆和放置空卷纸轴的附属托架组成。借液压缸之助将空卷纸轴从退纸架的轴承座中抬起，然后沿着一对与绞接的杠杆搭接的水平导轨滚出，让出了空轴承座使下一个准备放到架上去的退纸卷可直接吊入，因而加快了退纸卷的调换。近来也有采用无轴退纸架的。它用无轴的原纸卷，简化了操作。它可以适应多种纸卷芯直径和纸卷幅宽，比传统的带卷纸轴的纸卷在退纸时稳定性好，尤其是在小直径纸卷芯和窄幅纸卷上更是如此。

无轴退纸架上装备了压缩空气操纵的纸卷芯卡紧锥头。当纸卷借升降台送上退纸架时，两边的机架即向中间推移以适应纸卷宽度。然后借压缩空气操纵的纸卷芯卡紧锥头从两端插入纸卷芯孔中以支承纸卷。纸卷芯卡紧锥头同时，使纸卷与机架上的轴承及制动器连接。

退纸卷的卷纸轴上装设有联轴节，在工作位置时通过气动装置使之与制动器和传动电机相连接。现代化高速复卷机在启动时，从零升到 2000m/min 的加速时间是在 50~60s 内完成，而制动时减速时间为 40s 甚至更短。复卷机上退纸制动器要考虑纸卷在最大直径和最高车速时的制动要求，以减少断纸时的纸损耗。制动器常用的有气动刹车器、磁粉制动器及机械刹车装置等。在通常情况下，制动发电机与其他刹车装置结合使用，在引纸时直流电机启动纸卷，进入加速和工作状态后由直流电机进行张力控制，在紧急制动时，直流电机与其他刹车装置同时动作将纸卷尽快停住。

### （二）纵切部

纵切机构是复卷机最重要的部件之一。平直而光滑的切边能保证分卷容易，并保证印刷时减少起毛。纵切机构应尽可能靠近纸卷安装，使切开的纸幅在卷纸前的行程中减少或不产生横向的位移。

纵切机构按切纸原理分为两大类：压切机构与剪切机构。而前者又可分为装在纸卷上方的顶切机构及压切机构两种。顶切机构是在纸幅正绕上纸卷时进行划切的一种机构。顶切机构通常是若干刀片串装于一根轴上，刀片压在纸卷上并可随纸卷直径的增大而上升。刀轴具有传动机构。这种纵切机构的优点是易于将纸卷分开，但其纸尘较多，纸边易发毛，而且还需要另外配用一套剪切机构专作两端切边之用。由于顶切机构对狭窄纸边不太实用，所以它的用途仅限于某些低级纸种。

压切机构（图 8-36）是利用刀片把纸幅划开的一种切纸方法。纸幅包绕在一个外套有硬度很高的淬火钢环的刀辊上，旋转的圆刀在一定的压力下把纸幅划开。刀辊具有传动，其线速及圆刀的线速均与纸速相同。圆刀靠弹簧或气压与刀辊压紧，借摩擦力被带动。圆刀刀刃断面呈 V 形，尖部略为倒圆。在有些上引纸复卷机中，刀辊同时又是压纸辊，放置在带动它转动的纸卷上。

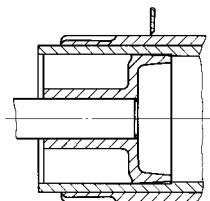


图 8-36 压切机构

压切机构与剪切机构相比，其优点是结构简单且易于调节纵切宽度。此外，对于薄皱纹纸，压切对多层纸幅有切边封口作用，切边光滑。但压切的主要困难是不容易选定刀辊上的

钢环以及圆刀的硬度。钢环比圆刀的硬度大时，刀片很快变钝；相反时钢环上会形成刀痕。

随着复卷机变得更宽和更高速，压切机构已变得不那么普遍，因为所需用的刀辊太大，不太现实，而且圆刀的维修量也太大。

剪切机构（图 8-37）具有一对剪切圆刀，分别装在三根轴上，成对地互相咬合，把纸幅用剪开的方式分切开。由于它能保证纸的切边光而平滑，刀片的耐磨性高，故用得非常普遍。

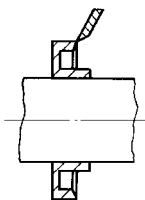


图 8-37 剪切机构

甚至在最高速度下，对于以低定量的纸到高定量的纸板剪切都能获得很高的纵切质量。剪切机构又有如下的几种类型：

较老式的剪切机构中，上下两组圆刀都是盘形刀。上刀和下刀各自串装在一根轴上，上下刀的直径相同，要仔细地调节咬合度（咬合度是上下刀交叠处沿中心联线上的交叠尺寸）及轴向压力才能获得良好的剪切效果。咬合度一般约为 1.5~2mm 左右。如果咬合度太小，则易断纸或产生切边发毛；咬合度过大，则纸幅易切坏，纸边易拉破。

这种机构在旧式机器上仍有采用。

图 8-37 所示的为典型的剪切机构，它被用得最广泛。在这种结构中，上刀为圆盘形，借下刀通过摩擦传动。下刀为碗状刀，刀轴有传动机构。上、下刀可沿刀轴横向调整，以调定切纸宽度。装刀的准确度要求为  $\pm 0.5\text{mm}$ ，刀的副数按所切的纸幅裁数来确定。在该结构上，每个上圆盘刀各自装在一根偏心轴上，偏心轴装在刀架上，若干个刀架共同固定于一根上刀架轴上。上圆刀装有弹簧，以便给下刀以必要的轴向压力。由于上圆刀的刀架是分开的，可借各自单独配置的偏心轴调节咬合度，咬合度的调节就与刀的直径大小无关，并且在个别刀片磨钝后可以单独地拆卸更换，简化了维修工作。还有些装置在每个上刀架上装了一个小气缸，这样可在引纸时借各气压缸的同时作用使上下刀迅速脱开（两个切边的刀组除外），然后再借一个回转的上刀架轴的主气缸把上刀抬起。纵切时，上刀则按上述相反的程序先同时落下，再轴向移动与下刀咬合。

在宽幅的复卷机上，为了减小下刀轴的弯曲变形，在轴的中部还装有中间轴承。旧式的下刀轴是由主电动机通过皮带、链条或齿轮来传动的。而在宽幅、高速复卷机上，高速运转的下刀轴容易引起振动，常常为增加刚度而加大刀轴直径。这在结构上也是难处理的。现代复卷机多采用下刀单独电动机传动。传动下刀轴的单独电动机可拟用交流变速或直流变速的，但都必须由复卷机的主传动电动机来控制，保证在任何速度下有正确的切纸速比，使刀速比纸速高 10%~20%，以便获得比较光而平滑的切边。

第三种剪切机构如图 8-38 所示，它具有—根多刀槽下刀辊。其上圆刀仍为盘形刀，而下圆刀改成为套在轴上的带刀槽的环，上圆刀与刀槽的刃口接触。带刀环的下刀辊与盘形刀的轴都有传动，盘形刀的线速较快。具有刀槽的刀环可为整体的或剖分的。它们与表面光滑的钢环互相以圆锥面配合，套在刀辊上形成整个辊面，在刀辊的两端用螺母将其固定。剖分的刀环在装卸或调整时均较整体的刀环方便，但在制造和磨削时比较困难。总的说来，这种配备多刀槽下刀辊的剪切机构，既具有剪切法的优点，又可利用下刀辊作为压纸辊；使用上还是较为满意，但维修和调整纵切宽度较为麻烦。

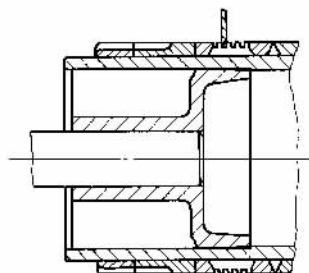


图 8-38 另一种剪切机构

为了提高耐磨性，剪切机构的上、下刀可用镍铬钢制造。通常下刀比上刀的硬度高些，

下刀的硬度为洛氏 C58~60 度, 上刀的硬度相应为 53~55 度。上、下刀均须经常研磨至合适的角度。磨利刀片的使用期限, 在纸无填料时为 4~8 个月, 纸中有填料时, 其使用期限就要减少。

为了提高工作效率和提高复卷质量, 现代复卷机在纵切刀的横向调整上国外部分厂家采用了步进电机的同步调刀系统, 这样可以准确快速的调整纵切宽度, 节省辅助工作时间。同时在复卷某些高填料的纸种或涂布纸时, 纵切部带有吸尘系统, 使纵切后的微小颗粒不被带入纸卷中。

高速复卷机的纸边输送系统也非常关键, 老式复卷机的纸边基本靠人工进行处理, 当复卷机工作车速超过 1000m/min 时, 人工处理纸边已无法操作。高速复卷机的纸边输送系统通常采用两种方式: 风机直抽式和文丘里吸送式。

风机直抽式输送使用离心风机, 风机放置于楼面下 (高速复卷机一般放置在二层), 风机进口与放置在纵切边刀附近的风管相连, 风机叶片上带有刀片, 纸边吸入风机被带有刀片的叶片打碎后送向水力碎浆机。由于纸边经过风机内部, 刀的磨损非常严重, 需要经常更换刀片。

文丘里吸送式输送纸也采用高压离心风机, 纸边不经过风机, 纵切边刀附近的风管接至文丘里管, 风机在文丘里处产生负压, 将纸边吸过文丘里管后送至水力碎浆机, 输送出的纸边为连续的, 此种输送方式的缺点是当复卷机车速较高时, 选用的风机功率较大, 增加运行成本。

### (三) 卷纸部

#### 1. 舒展装置

舒展装置通常是为了使纸幅在纵切后保持切缝分开而设的。在某些纸种中在纵切刀前也使用舒展器, 以消除纸幅的皱纹和松弛区段, 保证纵切良好。常用的舒展器有三种型式: D 形舒展杆、弧形辊以及 Z 型双杆舒展器等。

D 形舒展杆是配有间隔约 250mm 的一些所谓螺杆的可挠钢杆。螺杆的支架装在位于纵切机构和支承辊之间的支承架上。这是一种最通用的舒展器, 用于除涂布纸和薄皱纹纸外的大多数纸种。

舒展杆先调整到与纸幅平行, 然后朝纸幅内顶入弯成弯拱。弯拱的曲线应是平滑的, 顶入纸幅的深度和弯曲的程度取决于纸种。D 形舒展杆对纸幅有良好的操纵特性, 防止纸幅在纵切后飘移错乱。此外, D 形舒展杆的弯弧形状可以调节以适应纸幅的局部缺陷。

弧形辊舒展器有一根固定的弯轴, 在轴上装有挠性的合成材料套管, 构成一个弯曲的转辊。该种辊分为带传动的和不带传动的。传动的弯辊比静止的弯辊产生更好的舒展作用。在更完善的设计中, 用液压操纵远距离控制使得辊的弯度可以调整。该型式舒展器对于高级纸和涂布纸甚为理想。

Z 型双杆舒展器是一种新型结构。对于分开数目众多的窄幅纸卷, 上述两种舒展器分卷均不理想, 而 Z 型双杆舒展器却能有效地分卷。该装置有两个装在杆臂两端的成 180°相对的弧形管杆, 压缩空气由管内沿全杆上的孔吹出。纸幅先后绕过两杆形成 Z 形行程, 在包绕弧杆时被压缩空气托住。每个杆的吹气方向和弧度均可回转调节。它对于数目较多的窄纸卷也能很好的分卷。

#### 2. 支承辊

支承辊用以支承纸卷。它是空心铸铁辊或普通管辊, 辊体是铸铁管或钢管, 其直径按复卷机幅宽通常在 400~700mm 或以上。为了使辊筒达到平衡, 辊筒内壁应进行机械加工。铸铁闷头用红套压入辊筒内, 钢轴颈则压入闷头中。支承辊工作部分的相对挠度不应超过

$\frac{1}{10000} \sim \frac{1}{12000}$ 。为了补偿挠度，有些支承辊带有中高。两辊之间的中心距比辊径应大于 10~15mm，在这样近的距离下，放在支承辊上的纸卷芯在开始卷取时才不致被卡紧在辊间。

支承辊的表面一般是有螺旋线槽或沟纹，借以使辊面与纸卷间的摩擦系数增大和排出空气以减少噪音。在很多情况下，底辊除开有沟纹外还要进行表面处理以增加耐磨性，如喷砂和镀钼。

支承辊必须设计成在支承纸卷时挠度最小，且在高速运行时无振动。辊径是复卷机车速和幅宽的函数，由容许的临界速度和挠度来决定，因为大直径支承辊比小直径的较少有产生“纸卷硬度缺陷”（指纸卷中心卷得过松而外边卷得过紧）的机会。在卷取涂布纸或很薄的非涂布纸时，应考虑使用大直径支承辊，因此，即便在幅宽小的复卷机上，也较普遍地采用 600mm 辊径。

### 3. 卸卷器

随着复卷机车速的提高，大多数复卷机都装有卸卷器，用以将已卷好的纸卷从两支承辊间推出，并使之卸到地面上。卸卷器有各种型式，最普遍的是卸卷台和卸卷摆架。它们均由气压或液压操纵。卸卷器的型式可根据操作人数、卷芯轴尺寸、质量以及允许的停机时间等来选择。

国外先进的复卷机则将放置芯轴、芯轴定位及纸切断的操作全部自动化控制，以节省辅助操作时间，提高效率。

### 4. 传动机构

复卷机的引纸车速通常是 15~40m/min。从引纸车速升高到工作车速的过程要求等加速上升，以免动态张力波动太大造成纸卷松紧不一致。在断头或停机时要求均匀减速。在加速过程中，其平均加速度通常为 0.23~0.37m/s<sup>2</sup>，加速时间常为 50~60s，而在制动过程中，减速度为 0.42~0.75m/s<sup>2</sup>，制动时间为 40s。

为了满足变速要求，大部分复卷机使用直流电动机传动，由电动机—发电机组或可控硅整流供给电源。

在普通的复卷机上，两个支承辊由一个直流电动机经齿轮副来传动。在近代的复卷机中，则往往配置两个直流电动机各自单独传动两个支承辊，以便于控制两辊的速度差，有利于卷取紧度合适的纸卷。

复卷机所需的功率  $P$  主要决定于幅宽、纸的张力和车速。通常采用单位指标法计算其功率，计算式如下：

$$P = 0.025 \times 10^{-3} qbv \text{ (kW)} \quad (8-28)$$

式中  $q$  —— 纸的张力，N/m

$b$  —— 纸的宽度，cm

$v$  —— 车速，m/min

## 五、现代复卷机的发展

20 世纪 90 年代造纸机的发展突飞猛进，新装备不断涌现。复卷机也取得了同步发展，展现出了大量高新技术成果。现代复卷机发展的主要技术成就如下：

(1) 复卷机的车速提高了。设计车速已达 3000m/min，工作车速已达 2500m/min。复

卷机幅宽展达 10m 之多，与纸机同步发展。

(2) 出现了适用不同纸种，纸板复卷的各种形式的现代复卷机。

(3) 满足了市场对大直径卷筒纸的需求，由原来只能复卷直径为 800~980mm 的卷筒纸，逐步发展到能卷直径为 1100~1500mm。

(4) 现代复卷机的控制水平，自动化程度大幅度提高。复卷中的许多人工操作实现了自动化，手工操作大量减少。现在，已研制开发出连续复卷的现代复卷机，并已创下了连续 340h 不停机进行非正式复卷的记录。

当今世界，在现代复卷机制造技术方向，居于领先地位的有两家公司，一是 Voith Sulzer 公司，另一个是 Mestso (美卓) 公司 (原 Valmet 公司)。尤其是 Mestso 公司开发的各种类型的复卷机更具有代表性：

#### (一) WinDrum—双鼓复卷机

如图 8-39 所示。这是一种最常见的传统复卷机，许多造纸企业在使用。

WinDrum 主要技术特点如下：①纸幅运行平稳。②传送纸幅顺畅平和，因为采用了纸惯量分段导辊。③具有高效、可调和易于操作的纸幅分离机构。④复卷控制与电气传动控制集成在一起，从而获得极佳的纸幅张力控制。复卷中可施加最大的加速度，方便操作。⑤退纸、纵切和卷纸互相分离，取得了最佳的避振效果，各部振动的相互影响，可减小到最低限度。⑥压纸辊卸荷系统，不会因振动而减小其减荷作用，从而保证复卷纸辊具有均匀一致的紧密度。⑦整机结构坚固，稳定性好。

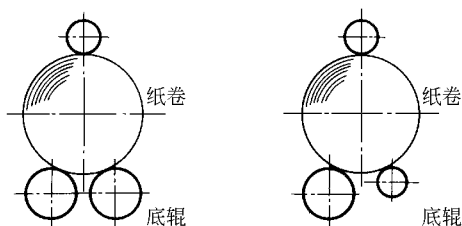


图 8-39 常见的传统复卷机

WinDrum 对于复卷小直径卷筒纸、复卷紧度小的未涂布高级文化纸和纸板以及要求复卷质量不高的纸种，还算是理想的复卷机。

然而 WinDrum 存在着双底辊复卷机的共同缺点，就是不适合要求复卷质量高、特别是不适合复卷大直径的卷筒纸。

#### (二) WinBelt—辊带式复卷机

该复卷机适用于复卷新闻纸、SC、MFC、FCO、LWC 涂布 WF 和特种涂布纸板，适合复卷大直径卷筒纸。

WinBelt 复卷机 (图 8-40) 是将典型的双鼓复卷机保留一只底辊，而另一只底辊取消，用在两只小辊上包绕的特殊橡胶皮带所形成的皮带床来代替，采用皮带床承托或支撑复卷纸辊进行复卷的复卷机。

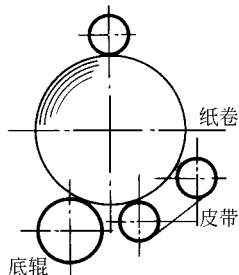


图 8-40 Winbelt 复卷机

WinBelt 复卷机是建立在如下复卷理论基础上的，即复卷压区压力越大，纸卷紧密度越大；复卷扭矩越大纸卷紧度也越大。采用皮带床就是可以通过控制皮带的张紧程度来调节复卷压区压力和扭矩，以保持复卷自始至终紧密度一致，防止由于紧密度不一致和纸卷外层紧密度过大而出现上述诸多复卷纸病。从而，既可复卷大直径卷筒纸，又可提高复卷质量。

WinBelt 复卷机特点如下：

皮带床复卷机是根据纸卷直径的变化，调节皮带张力和压

纸辊压力，通过三个变量进行综合控制的。

应用皮带床可有效地利用皮带与纸卷之间产生的高摩擦作用。来控制施加在纸卷外层的复卷扭矩，从而，达到控制纸卷紧密度并使其均匀一致的目的。

控制了复卷扭矩，纸幅在复卷中被拉紧的程度就得到了优化，因纸张厚度变化而产生的直径差和压区压力的波动也就大幅度减小了。

### （三）WinAir—气垫减压式复卷机

该复卷机适用于新闻纸和高透气度的纸种的复卷。

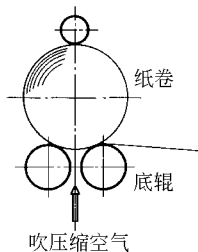


图 8-41 WinAir 复卷机

WinAir 复卷机（图 8-41）是将两底辊之间的空间密封起来，通入压缩空气，形成一个气垫，应用气垫支撑纸卷，降低复卷压区压力进行复卷的复卷机。

应用气垫减压的原理是，通过向气垫通入压缩空气，使气垫压力不断增加，从而，支撑纸卷的力也逐渐加大，这样就可以抵消在复卷过程中因纸卷直径增大、质量增大而导致的复卷压区压力的增加，以维持恒定的压区压力。确保纸卷的紧密度均匀一致，实现既能复卷大直径的纸卷又有利于消除复卷纸病提高复卷质量的目的。

由于气垫卸荷系统比较容易实现，投资少、见效快，是改造老式双鼓复卷机的最佳技术选择，从而，能尽快的使双鼓复卷机能复卷大直径纸卷和改善复卷质量。

### （四）JR1000E 复卷机

该复卷机适用于复卷新闻纸、SC、MFC、FCO、LWC 和涂布 WF。

JR1000E 是多站复卷机的一种，其主要特点如下：①复卷的原理是基于均匀的压区压力分布。②可正确的分配卷纸臂、压纸辊和纸卷质量三者的负荷，以获得紧密度均匀一致的纸卷。③采用双中心驱动和膨胀式纸芯顶针，从复卷一开始就能使纸卷的紧密度达到要求，不会出现纸卷里松外紧和出现星形等复卷缺陷。④JR1000E 配置了三个转鼓，采用了对称排列结构，对纸卷只做圆周支撑，因此，纸芯和纸芯顶针不承受高负荷。⑤转鼓直径为  $\phi 850\text{mm}$ ，压区宽度窄，负荷较低，可改善纸卷结构，并减少了空气卷入。⑥该复卷机具有两个卷纸站，都能进行准确的压区压力控制和平稳无振动的运行。⑦压纸辊采用两小辊包绕挠性皮带，由皮带环路侧压向纸卷。由于有了这种挠性皮带加压的全新结构，不但可使压区压力分布最佳化，而且还可以施加更高的压力负荷。

JR1000E 复卷机，传统上用于高级涂布文化纸的复卷。我国金东纸业就选用了 JR1000E 复卷机，并已投入生产。

## 参 考 文 献

1. 华南工学院等主编. 制浆造纸机械与设备（下册）. 北京：轻工业出版社，1981
2. 艾德林著. 造纸机与整饰机械. 北京：轻工业出版社，1982
3. 胡楠主编. 轻工业技术装备手册. 北京：机械工业出版社，1995

## 第九章 涂布机械

### 第一节 概 述

涂布是纸加工的一种手段，它是指涂料用涂布机均匀地涂覆在纸幅上的加工方法。涂布加工，大大地改善了纸的印刷适性、防护性能（如防潮等）和装饰性能。因此，纸和纸板的涂布应用范围很广，由此研制和生产出了适用于不同目的及不同结构的涂布设备。

涂布机由退纸机、涂布器、干燥器和卷纸机组成。也有在造纸机两道干燥器之间设置涂布器，将抄造与涂布合为一道工序，称机内涂布；或者将涂布与抄纸分开，使原纸置于专设的涂布机上涂布，称为机外涂布。

涂布器可对纸和纸板单面涂布，也可组合使用两只涂布器对纸页两面一前一后单独涂布。重涂布纸可以采用多只涂布器对纸页进行多层涂布。涂布器有多种形式，涂布器也可进行多种组合，以满足产品质量要求、原纸性能要求和具体生产情况的要求。

目前，机外涂布机最高车速已超过  $2000\text{m}/\text{min}$ ，而机内涂布机车速也已达到近  $2000\text{m}/\text{min}$ 。涂布纸幅宽度达  $10\text{m}$ 。

图 9-1 表示了两面二次涂布的刮刀涂布机流程。原纸装于双轴回转式退纸机的回转臂一端，纸幅经导纸辊、恒张力自动调节系统送至刮刀涂布器，由其将定量的涂料均匀地涂布于通过的纸页正面上，经热风干燥，再将其反面送入刮刀涂布器涂布，经热风干燥，完成了正、反面的底涂。然后再分别通过两个刮刀涂布器进行正、反面的面涂，由自动换辊的卷纸机卷成卷筒。

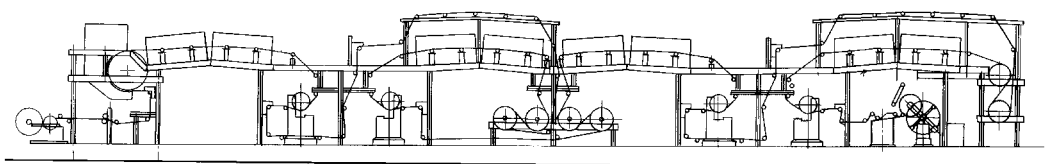


图 9-1 两面二次涂布的刮刀涂布机

本章将重点讨论涂料制备设备、涂布器及干燥器三部分内容。

### 第二节 涂料制备设备

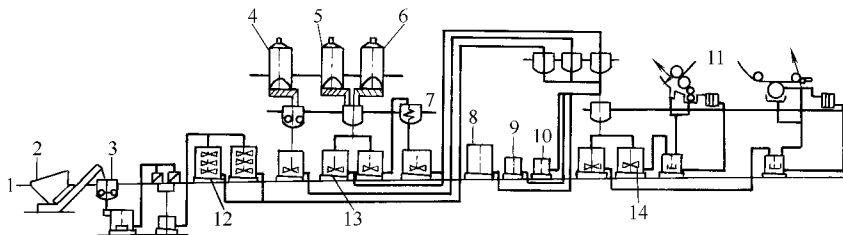
涂料制备是涂布纸生产的开端。涂料的质量直接影响涂布过程及涂布纸的质量，因此，务必要严格掌握涂料制备的各个环节，确保涂料质量。现代涂料制备系统在设计上对可靠性、再现性、精确性、适应性方面都有很高的要求，并且要求有较低的污染负荷和较少的设备维修。

涂料制备过程包括颜料分散液的制备，胶粘剂溶液的制备，添加剂溶液的制备和涂料的



### 一、涂料制备流程

涂料制备过程要根据生产规模大小, 产品品种是否经常变更情况来决定。一般水性涂料的流程如图 9-2 所示。颜料经高速分散机制成颜料分散液, 与胶粘剂和辅料在混合槽内混合, 再经筛选和过滤, 用涂料泵送涂布器涂布。



1—顏料 2—料斗 3—分散機 4、5、6—胶粘剂及辅料儲槽 7—熬膠機 8、9、10、14—儲罐  
11—塗布器 12—顏料分散體儲罐 13—混合罐

颜料分散在涂料制备过程中是十分重要的一步。颜料分散的好坏对涂料的许多性能都有很大的影响。它不仅影响涂料的贮存稳定性而且还影响涂层颜色、光泽及耐久性等。如果颜料分散的不好，在涂料贮存过程中颜料就会重新凝集，涂布后涂层中就会呈现颜色偏离和发花等色泽不均的弊病。如果颜料分散的好，而且每次都能得到分散程度较一致的颜色分散体，那么涂料在生产时，颜色的重复性就好。

颜料在基料中的分散是由几个过程组成的，这些过程虽然在下面的叙述中有先后之分，但实际上是同时发生的。

颜料在基料中分散时，首先是其表面要受到基料的润湿。其次，在分散过程中，颜料的聚集体要分散成单独颗粒，只有这样才能充分发挥颜料的固有性能（如着色力、遮盖力等）。最后是要使这些已分离开的单个颜料粒子处于一种稳定的分散状态，以致它们在贮存过程中也不会重新聚集（絮凝）起来。使颜料分散体处于稳定的分散状态有两种方法：一种是颜料质点的表面带有电荷，依靠同种电荷相排斥的原理使质点之间保持一定的距离而获得稳定。另一种是在颜料质点表面上吸附一层聚合物之类的物质，这层聚合物吸附层的存在也能使质点保持稳定的分散。在水性涂料系统中，这两种兼而有之。

颜料分散与混合设备根据工作方式分为间歇式和连续式两大类。几种常见的间歇分散设备如图 9-3 至图 9-7 所示。连续式分散设备如图 9-8、图 9-9 所示。

颜料的分散与混合是涂料制备过程中最重要的环节，有几种设备可供选择时要考虑设备结构和材料、皮带传动还是齿轮传动、动力消耗、密封和润滑、噪音和振动，还要考虑有较低的维修费用。

290

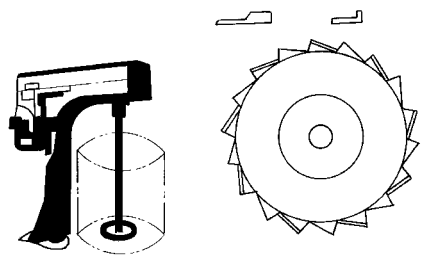


图 9-3 科雷斯分散机

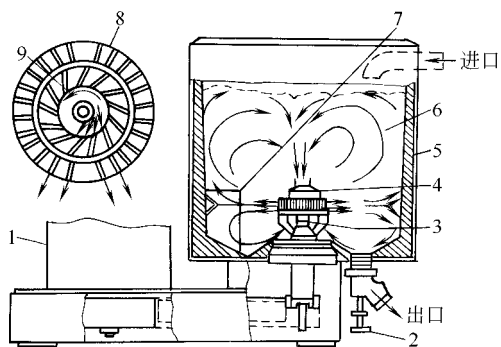


图 9-4 凯德分散机

- 1—电机 2—出料管 3—主轴系统 4—分散元件  
5—冷却水夹套 6—平均流动形态 7—挡板  
8—定子 9—转子

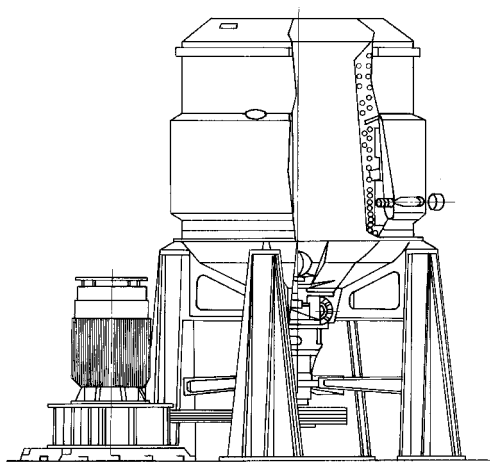


图 9-5 赛勒分散机

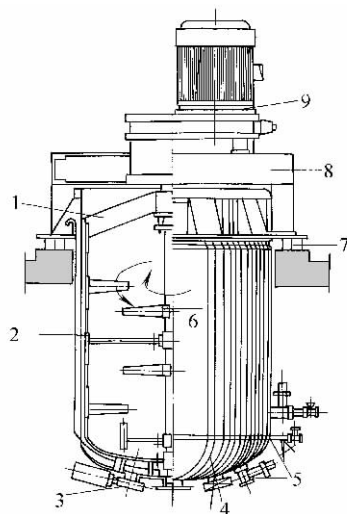


图 9-6 迪勒赛分散机

- 1—慢速搅拌 2—刮板 3—出料阀门 4—清洗阀  
5—蒸汽进口管 6—快速搅拌 7—减振缓冲器  
8—电机座 9—电机及调速器

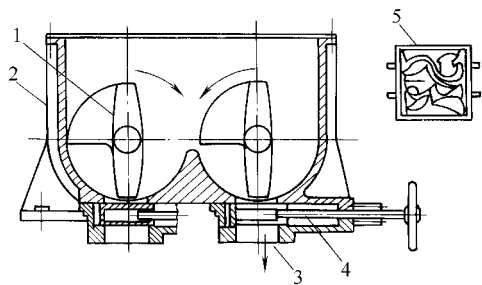


图 9-7 高浓捏合机

- 1—Z 型轴 2—W 型捏合槽 3—出料口 4—板式阀  
5—Z 型双轴捏合机俯视图

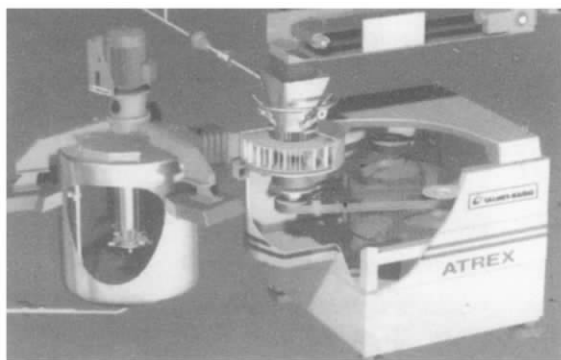


图 9-8 连续式分散机

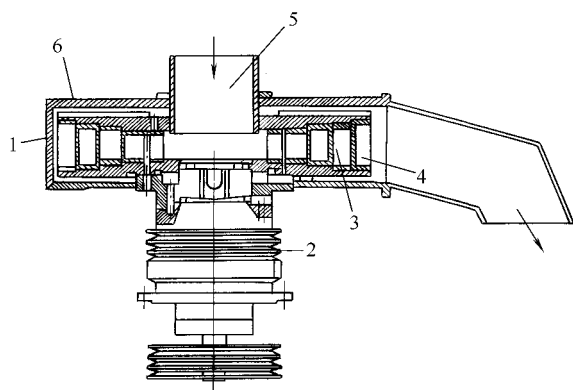


图 9-9 连续式分散机局部放大图

- 1—混合室 2—皮带轮 3—下转子 4—上转子  
5—喂料室 6—外壳

分散体液面向上翻的实体圆盘等，某些情况下也使用它们的复合形式。分散作用来自旋转搅拌器与它接触的小量流体之间的剪切力，以及由旋翼急速转动引起涡流中粒子间的相互作用来获得的。这些力是搅拌器边缘的线速度函数。与搅拌器边缘接触分散区是剪切力强度最高的区域。

不论是哪种形式的分散体系，控制分散的主要因素是混合强度，混合时间是次要条件，但必须保证全部物料有充分的时间流经高混合强度的分散区。由于分散作用贯穿整个混合体系，为获得最佳颜料细度的分散体，应使全部粒子通过剪切强度

最大的小区间。对于任何给定的混合强度，短时间能完成的分散，在同样强度下，延长时间的额外混合收效很小。混合强度不足不能靠延长时间来弥补。因此，分散程度主要取决于强度因素，它随聚结体的缩小而增大。高速搅拌意味着增加输入能，意味着分散粒子更频繁地通过最大强度点。混合物固含量越高，流动阻抗越大，能量转移率也越高。增加剪切速度同时增加剪切阻抗不仅能提高分散度，而且能缩短分散时间，对于一定的混合器，当它是连续作业而不是间歇作业时，混合物要在接近最佳固含量条件下充分地混合，这样可获得更高的能量转移率，由此使产量更高。

当对不同的分散机和混合机进行选择时，要考虑一些参数。如转子直径（ $D$ ）与槽体直径（ $d$ ）的比例  $D/d$ 、轴功率（ $P$ ）和槽内分散体的量（ $V$ ）的比例  $P/V$ 、最大线速度  $v$  以及槽体直径（ $d$ ）与槽内分散体高度（ $H$ ）的比例  $d/H$ 。

最大线速度  $v=2\pi rn$  其中， $v$  是转子的最大线速度（m/s）， $r$  是转子直径（m）， $n$  是转子的转数（1/s）。

当设备参数选定后，分散体混合及分散所需动力可按  $P=\rho \times Ne \times n^3 \times D^5 \times f$  估算，其中  $P$  是混合及分散所需动力（kW）， $\rho$  是分散体的密度（kg/dm<sup>3</sup>）， $Ne$  是常数， $n$  是转子转数（1/s）， $D$  是转子的最大直径（mm）， $f$  是校正系数。

建议  $P/V$  按 10~40kW/m<sup>3</sup>， $D/d$  按 20%~40%，转子的最大线速度按 20~40m/s， $d/H$  按 1 进行设计。

### 三、涂料筛选设备

颜料分散和胶粘剂熬制时不管怎样小心，总会有少量杂物留在涂料混合物中。假如这些杂物涂到纸上就会以疵点形式出现在表面，在印刷过程中引起掉毛掉粉。

刮刀涂布机的刮刀压区可控制涂布量，也有分级的作用，当它捕集到过大的杂物时，便会在涂布表面产生条纹并引起刀片的磨损。因此，无论采用什么涂布方法涂料混合物都应过筛，以除去各种大颗粒的杂物。

筛选设备常用的有振动筛和过滤器。

#### （一）振动筛

振动筛是涂料制备过程中常用的一种筛选设备。涂料依靠筛网的振动，穿越筛网的孔

隙。根据振动筛网的结构形式与振动方式，可分为下列几种类型。

### 1. 简易框式振动筛

如图 9-10 所示，这种筛的振动是由固定在筛框上的偏重振动器产生的强迫振动而使筛网振动。

### 2. 槽型振动筛

这种筛以 Universal 筛为代表，其结构如图 9-11 所示。其主要结构为一滑车轮，该车轮被一根强力弹簧所悬挂，在滑车轮下端有一槽形的筛网，并在轭头处装置一只电机，此电机所产生的环动，促使滑车轮与筛网产生振动。槽型振动筛适合于低黏度涂料和中黏度涂料的筛选。

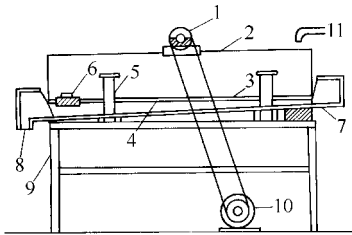


图 9-10 简易框式振动筛

- 1—偏重轮（固定在筛框上，前后计二只） 2—筛框  
3—尼龙筛网（二层，底层 20 目，上层 150~260 目）  
4—筛网空白托板 5—弹簧 6—洗框出渣孔 7—受料盘  
8—筛料出口 9—筛架 10—电簧 11—放料管

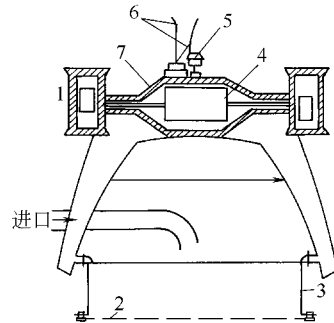


图 9-11 槽型振动筛

- 1—偏心块 2—筛网 3—筒体 4—双轴电机  
5—悬挂弹簧 6—电机导线 7—电机和偏心罩

### 3. 斜式振动筛

此种振动筛以 Hummer 为代表，其结构如图 9-12 所示。其构造为筛网铺在一个倾斜的底网上，此倾斜角度可以随意调整，以使粗大粒子顺利地被除去。斜式振动筛工作时，涂料被喷洒在整个筛网上，使得筛选效率提高。筛网的底部装置有集料漏斗，将干净的涂料收集

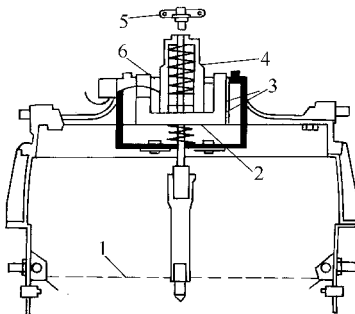


图 9-12 斜式振动筛

- 1—筛网 2—电枢 3—振动滑块 4—加压弹簧  
5—手轮 6—线圈和交流磁铁

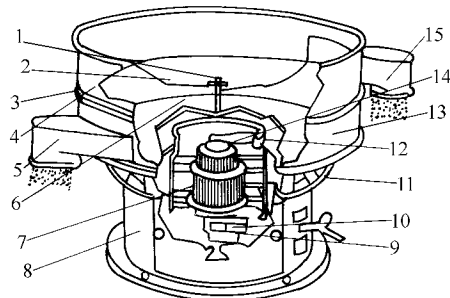


图 9-13 圆形振动筛

- 1—连接螺栓 2—上层筛网 3—筛框紧箍 4—筛框 5—筛出口  
6—受料盘 7—电机 8—筛座 9—偏心摆锤角度调节器  
10—下偏心摆锤 11—弹簧 12—振动筛平台  
13—受料筛框 14—上偏心摆锤 15—粗料出口

并送至贮存桶，粗颗粒杂质则流落至斜筛网底端的一侧被除去。这种筛的振动系采用一只振动器连同支架一起振动的原理，振幅与频率可以任意调整，振动器由一台热离子动力装置进行控制。斜式振动筛适用于低黏度涂料和颜料的筛选，但不适用于高黏度涂料。

#### 4. 圆形振动筛

这种振动筛以 Sweco 筛、Kason 筛和 Celco 筛为代表。此类筛的结构与工作原理如图 9-

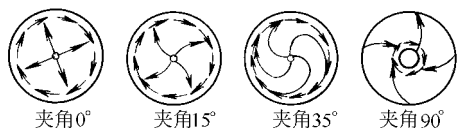


图 9-14 导向块与物料流动的关系

13 所示，振动是通过电机转轴上下端的偏心块来完成的。上部偏心块的转动产生筛网水平方向的振动。底部偏心块使筛子摇动，在垂直和倾斜方向产生振动。物料在筛网上移动的方向可由导向块进行调节，角度范围从  $0^\circ$  到  $90^\circ$ ，如图 9-14 所示。对于涂料筛

选，一般采用  $50^\circ \sim 60^\circ$  之间。

一般圆形振动筛配置的筛网孔径为  $150\mu\text{m}$ ，筛网细一些效果较好，实际筛选效率受下列因素影响：① 物料的流变性；② 筛网的孔径；③ 筛网上的静压头；④ 筛渣量；⑤ 振动的幅度。

#### (二) 过滤器

筛选设备的选型要考虑许多因素。首先是考虑所希望的颜料粒子的细度，由此决定选用多大网目的筛网。筛孔愈大，筛选速率愈快。涂料混合物的黏度和固含量的增加也导致筛选速率缓慢。考虑筛选容量时要有余量，以应付意外的排污。循环涂料混合物的筛选会遇到与新鲜涂料混合物筛选不同的问题，因此通常需要分开筛。

对于大多数涂料混合物，筛选的能力和筛选的好坏是难以预测的。涂料混合物一般是非牛顿型流体，它们的流动型式和触变程度影响筛选的效果。以类似的涂料混合物进行实验或在筛选设备厂的实验室做实验，是对筛选设备进行选型的最基本方法。应确定涂料固含量的使用范围和涂料混合物的流变特性；并确定选择最难的综合条件进行实验比较。实践中可能遇到的各种各样的情况：诸如分散体的分散好坏，夹带空气的量和涂料混合物的温度等都应考虑进去。

##### 1. 框式过滤器

框式过滤器直接安装在涂料输送的管路上，它的结构如图 9-15 所示。

涂料被泵送，从过滤器的上部进入，然后穿过筛框后，干净的涂料进入贮存桶，而杂质则截留在筛框内。

框式过滤器可根据实际使用情况选用单框式、双框式或多框式。在一般间歇式生产中可采用单框式，如考虑连续生产与清洗的需要，则可选用双框式，因为可在清洗一只框式过滤器的同时，通过切换阀门保持另一只框式过滤器工作，如图 9-16 所示。

##### 2. 管式过滤器

管式过滤器以罗宁根 (Ronningen) 过滤器为代表。这种过滤器适用于处理高浓度、高黏度涂料的筛选。图 9-17 为罗宁根过滤器的结构，涂料由下面进口泵送压入，经过过滤元件筛选后从上部流出，入口压力为  $0.35\text{MPa}$ ，一般由螺杆泵输送。

##### 3. LS 自清洗型压力过滤器

芬兰 Valmet-Raisio 公司制造的 LS 型压力过滤器适用于筛选中、高黏度涂料，尤其适宜于布置在涂布机的上料系统，如图 9-18 所示。LS 型压力过滤器的工作原理为：涂料由螺杆泵从 LS 型筛筒体的上侧送入，在筒体内侧通过筛鼓后被送入底部的涂布供料管路，杂质

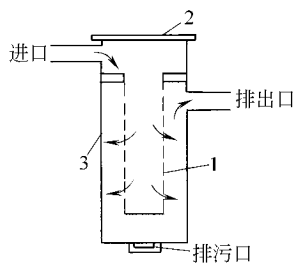


图 9-15 框式过滤器

1—过滤网套 2—盖板 3—壳体

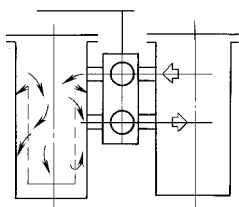


图 9-16 双框式过滤器

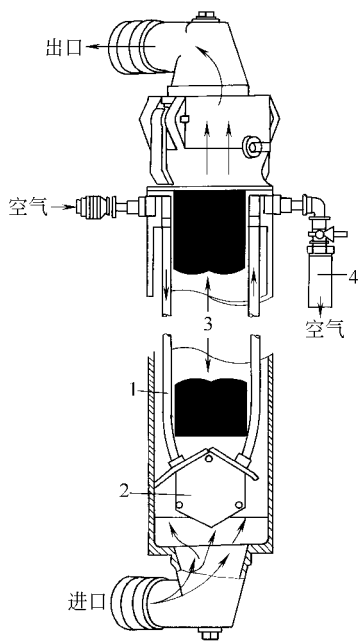


图 9-17 罗宁根过滤器

1—软管 2—振动器 3—过滤单元 4—空气消声器

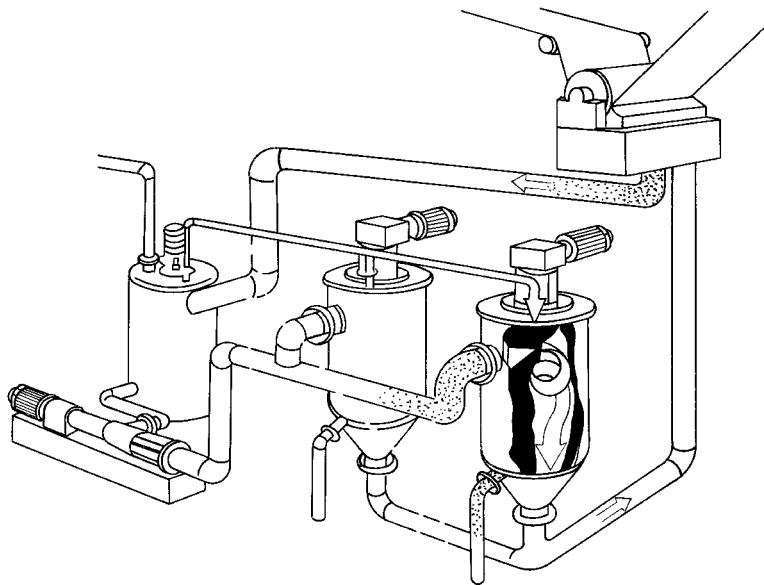


图 9-18 LS 型压力过滤器在涂布机供料系统的应用

在筛鼓外侧表面装有清洗刮板，而筛鼓内侧表面装有混合刮刀，由上端的电机驱动旋转，由于同步清洗的结果，可有效的克服纤维与毛毯絮状物所带来的涂布条痕问题。另外 LS 型压

力筛的顶部装有一根除气管，可有效的将涂料中的气泡除去。

## 四、涂料泵送设备

### (一) 涂料用离心泵

这种泵靠泵壳叶轮的离心力作用，达到输送液体的功能，而离心力的大小与叶轮的转速、叶轮的直径以及流体的密度有关。离心泵适宜于低固含量与低黏度涂料的输送，但当固含量和黏度提高时，离心泵的功率增加量相当大，并且压力损失也较大，故很难确定整个离心泵的适宜功率数。

### (二) 齿轮泵

图 9-19 所示为齿轮泵的结构图。泵壳内有两个齿轮，其中一个为主动轮，系固定在与电动机直接相连的泵轴上；另一个为从动轮，安装在另一轴上，当主动轮启动后，它被啮合着以相反的方向旋转。齿轮与齿轮之间均有很好的啮合。当泵启动后，左侧进口处由于两轮的啮合齿相互拨开，于是形成低压吸入液体。进入泵体的液体分成两路在齿与泵壳的缝隙中被齿轮推着前进，压送到排出口，形成高压而排出。

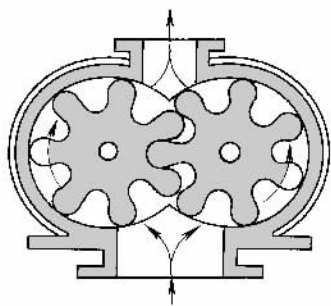


图 9-19 齿轮泵结构图

齿轮泵的压头大而流量小，可用于输送黏稠液体或膏状物体，一般用于涂布助剂的输送。齿轮泵的进口端管径必须在 5cm 以上，出口管路需设置循环回路或加设减压阀，以防止出口管路阀门关闭时引起的压力不断升高所产生的管路损坏。

### (三) 计量泵

计量泵有柱塞式、隔膜式和皮碗式三种，如图 9-20 结构图所示。此种泵可以把液体精确的输送到流体输送管内或混合槽内。计量泵的流量和压头可以调节，主要通过活塞冲程的无级可调，由 0 至最大值。活塞冲程也可以在泵运行时进行调整，不仅可以用手进行调整，也可以用电机和气动装置进行调整。超出泵本身的输送量时，可以通过改变活塞频率以达到改变输送量的目的。

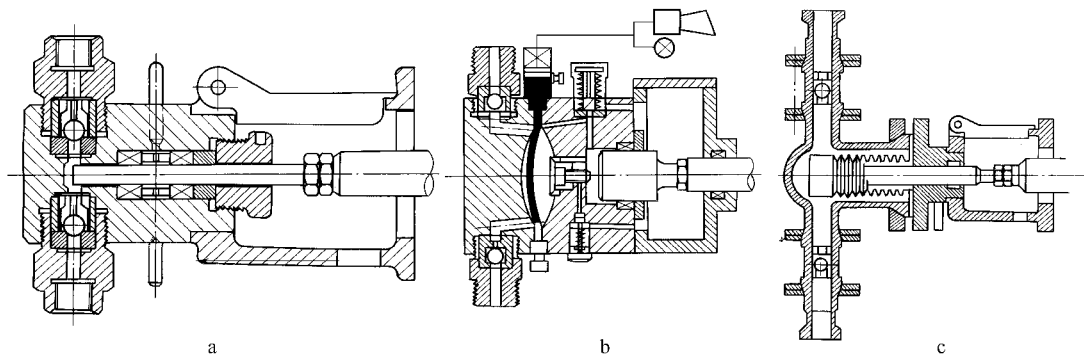


图 9-20 常用的计量泵形式

a—柱塞泵 b—隔膜泵 c—皮碗泵

计量泵可以由多种金属材料制成，也可以用陶瓷、塑料和其他材料制成。因此计量泵几乎适合于输送所有的流体介质。

#### (四) 螺杆泵

图 9-21 所示为螺杆泵的结构图, 由泵壳与一根螺杆所组成。此泵的工作原理为: 当转子在双线螺旋孔的定子孔内绕定子轴线行星回转时, 转子与定子之间形成密闭腔, 就连续地、匀速地、体积不变地将介质从吸入端送到压出端。由于这些特性, 螺杆泵特别适合于下列情况下的工作: ①高黏度介质的输送, 介质黏度根据泵的大小不同, 从  $3500\text{MPa}\cdot\text{s}$  到  $20000\text{MPa}\cdot\text{s}$ 。②含有固体颗粒或纤维的介质, 颗粒粒径最大可以到  $30\text{mm}$  (不超过转子偏心), 纤维长度可以长到  $350\text{mm}$  (相当于  $0.4$  倍转子螺距), 纤维介质固含量可达到  $40\%$ , 粉状固体颗粒介质固含量可达到  $60\%$  或更高。

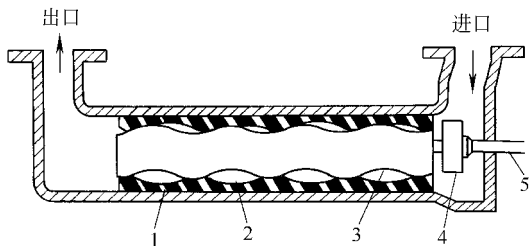


图 9-21 螺杆泵结构图

1—定子 2—间隙 3—转子 4—万向节 5—传动轴

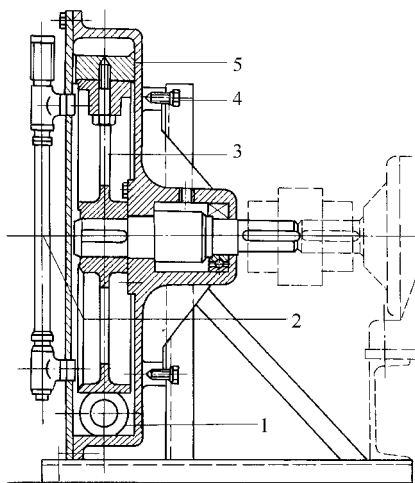


图 9-22 皮管泵结构图

1—泵皮管 2—润滑剂液位 3—转子  
4—垫片 5—靴形压块

理论上单螺杆泵流量  $q_v$  由转子直径  $d$ , 偏心  $e$ , 螺距  $T=2e$ , 转速  $n$  所决定, 关系式为:  $q_v=4edTn$ 。螺杆泵的转速高 ( $3000\text{r/min}$ ), 出口压强很高 (约  $17.5\text{MPa}$ ), 流量可在  $1.5\sim 500\text{m}^3/\text{h}$  的范围内变化, 生产上常用变频调速电机来控制流量大小。螺杆泵的出口压力与螺杆泵的转子节数有关, 例如一节螺杆泵的最高压力为  $0.6\text{MPa}$  时, 则相应的二节螺杆泵最高压力为  $1.2\text{MPa}$ , 四节时则为  $2.4\text{MPa}$ 。

#### (五) 皮管泵

皮管泵适宜于输送涂布胶乳及其相应的助剂, 其结构如图 9-22 所示。泵壳内有一根 U 型强力胶管, 其两端与泵体的吸入口与排出口用法兰连接。泵体中心由传动轴和转轮构成, 转轮对侧装有两块靴形压块, 当转轮旋转时, 靴形压块以脉动方式对胶管加压, 使输送的物料不断地吸入和排出。该泵在运行时, 还须在泵壳内加入硅基润滑油以减少靴形压块对胶管的摩擦力, 同时起到冷却作用。

### 第三节 涂布器

各种不同的涂布器均有其特定的使用范围。选定与设计合理的涂布器须依据产品质量要求、原纸性质、涂料性质、涂布量大小、涂布速度等因素综合加以考虑。

#### 一、表面施胶压榨与辊式涂布器

##### (一) 表面施胶压榨

表面施胶是使纸页具有抗液体渗透性, 给予纸页更好的表面性能和改善纸的表面强度和内结合力。自 20 世纪 80 年代以来, 表面施胶有很大的发展, 主要因为: ①涂布纸变得更重要, 而表面施胶是提高涂布原纸质量的关键一环。②特种纸需要纸页有新的、独特的性能。



③施胶压榨可使添加的化学品留着率接近 100%。留着率提高又使湿部沉积问题减少，纸机织物寿命延长，降低成本和节约原料。④对比湿部加入，表面施胶能减少或去除白水中的化学品以有助于环境改善。

1. 表面施胶压榨的结构形式

常用的表面施胶压榨主要由两个辊子组成。在两个辊子之间形成胶槽，施胶溶液注入进口压区，通过压区的纸页先吸收部分溶液，经过压区挤压除去剩余溶液。溢流的溶液集中于压区下面的胶液盘中，经处理再循环回到压区。

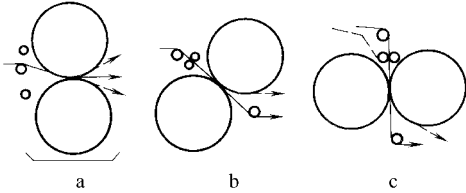


图 9-23 表面施胶压榨型式  
a—垂直 b—倾斜 c—水平

如图 9-23 所示，表面施胶压榨通常分为竖式、水平式和倾斜式三种。竖式结构的纸页行程最简捷，但压区溶液槽的深度不一。水平式表面施胶压榨由于其在纸页两面的料槽式样相同，因而解决了吸收不匀等毛病。倾斜式表面施胶压榨是一种折中的办法，以减少水平式纸页的垂直行程。

2. 表面施胶压榨存在的问题

当胶液被送到表面施胶压榨的辊子之间的料池时，由于辊子及纸幅高速运行，料池往往会从运动着的纸幅和辊子上吸收动能。如图 9-24 所示，过量液体流向压区，但辊间压力限制了通过压区的胶料量，引起剩余胶液向上回流。如果流体运动过大，上行速度加快，足以使胶液冲破料池表面，溅出压区。这种料池湍流和“压区呕出”（nip rejection）使纸幅横向吸胶量不均匀。

施胶液黏度有利于辊压区的流体动力，因此能用表面施胶方法来涂膨胀性原纸。随着车速的提高，可能有必要稀释淀粉溶液或换用降解程度较高的淀粉以避免“压区呕出”。这些方法反过来有可能提高对后部烘缸组的要求，同时也对纸页性能产生不利影响。

与表面施胶有关的另一个问题是胶膜分裂。虽然大部分胶液在压区已被吸入纸页，但是过量胶液存留在纸与辊间的纸页表面。如图 9-25 所示，胶膜在压区出口处分裂为两层，一层随纸幅而去，其余留在辊子表面。

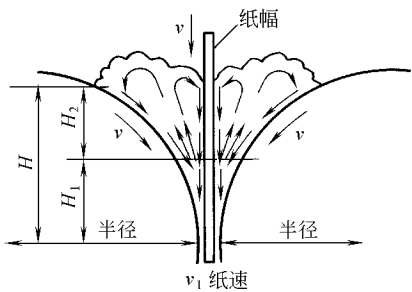


图 9-24 表面施胶压榨中的流体动力

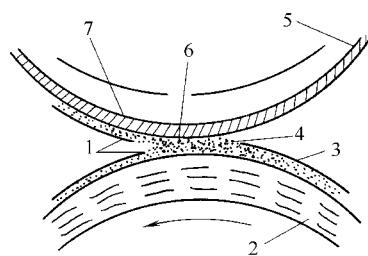


图 9-25 胶膜分裂花纹发展  
1—涂胶层 2—包胶层 3—送料 4—涂料槽  
5—纸幅 6—连续胶膜 7—胶膜分裂

此花纹在沿辊面横向表现为粗线条流体环，花纹的程度取决于胶料的流变性、纸页的吸收性以及辊速和分裂的胶料体积。在车速较快、黏度较高及胶膜较厚的情况下，该毛病更为严重。

纸页进入表面施胶装置时的水分含量对吸取量有着重大影响。含水量较高助长吸收，从

而，纸幅横向不同的含水量引起吸胶量差异，并使表面施胶对纸页性能产生不利影响。因此进入施胶压榨的纸页一般干燥至水分 1%~2% 或更低，以确保横向水分均匀，使施胶剂留着于近表面处。从能源观点看，这种纸页的“过度干燥”属低效率，可能对车速有所限制。

研究表明，内部施胶的施胶度是控制表面施胶吸胶量的重要因素。事实上，为了使纸页通过施胶压榨并进入后部烘缸组时不发生断纸，哪怕极轻的施胶也是必需的。

运行性所要求的内施胶程度与定量和湿抗张强度成反比。因此，为了使低定量纸能通过表面施胶，可能有必要提高内施胶度及采用昂贵的湿强剂。即使加了这些添加剂对那些生产低定量纸或低强度纸的纸机来说，通常问题还是主要发生在表面施胶处。

由于一般所用的反应性中性/碱性内施胶料老化较慢，所以在碱性抄纸中，会经常出现施胶压榨断纸问题。表面施胶的另一困难是两根辊子速度的匹配。如辊子速度不能精确协调，则纸页起毛会使纸张表面出现条痕，并使断纸增多。车速越高，匹配的难度越大。

### 3. 表面施胶压榨的改进

由于车速提高，纸机设计者已将施胶辊直径增大，以利平衡更大的流体动力。辊直径增大，作用于胶液的相应加速力减弱。一些配备直径 1500mm 的施胶辊的新型不含磨木浆未涂布纸机成功地以约 1000m/min 的速度运行，但实践证明有必要采用降解淀粉和浓度为 2%~3% 的胶液以调控料池湍流。

图 9-26 为高速表面施胶装置的裙板式表面施胶。它的设计能使料池脱离辊和纸张的高速表面，来防止料池内胶液的飞溅。由于胶液吸收的动能少，因此循环速度下降，胶液不再溅出料池。挡板通常由塑料板制成。表面施胶压榨的这一改进，有效地减轻了料池湍流。但用户抱怨挡板难以保持干净及其干侧磨损严重。堆积在挡板上的“冰柱”会产生严重条纹和划痕，造成断纸。极少数厂家能用裙板式施胶装置进行日常生产。

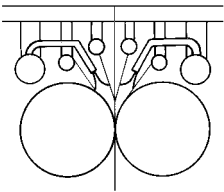


图 9-26 裙板式表面施胶装置

### 4. 影响施胶压榨涂布量的因素

影响施胶压榨涂布量的因素很多，有纸厚的影响，也有胶液的影响。设备方面的影响主要是车速、料槽深度、压区压力和压区宽度。

表面施胶压榨涂布量的计算可按下式计算：

$$G = 17.51 + \frac{6.136 \times 10^4}{(\eta \times v)^N} + 1.228 \times 10^{-6} \frac{R}{F} \eta v \quad (9-1)$$

式中  $G$  ——涂布量， $\text{g/m}^2$

$\eta$  ——胶料的黏度， $\text{mPa} \cdot \text{s}$

$v$  ——纸幅通过压榨的速度， $\text{m/min}$

$N$  ——指数，取 1.0~1.5

$F$  ——辊间线压力， $\text{N/m}$

$R$  ——辊的半径， $\text{m}$

### (二) 辊式涂布器

目前国际上流行的辊式涂布器的型式主要有门辊涂布和膜式压榨两大类，膜式压榨常用的有 BTG 的 Twin-HSM 和 Valmet 的 Sym-Sizer Jagenburg 的 Film Press 和 Voith 的 Speed Sizer 等。

作为辊式涂布，涂布质量是基本相近的，其共有特性是当膜分离时都存在有两种不稳定性，特别是都存在涂布量增大到一定程度时容易产生所谓橘皮花纹的问题。尽管辊式涂布质量不如刮刀涂布，但它能满足彩色胶印要求，生产出价廉物美的轻涂纸，特别是其计量装置不直接接触纸页，对原纸强度要求相对降低，从而更加适合于以草类浆为主要原料条件下生产轻涂纸。

辊式涂布型式的主要区别在于计量方法的不同。门辊涂布机主要是依靠内外门辊进行计量，Twin-HSM 主要是依靠大直径计量辊绕丝直径（变化范围  $0.2 \sim 0.5 \text{ mm}$ ）进行计量，Sym-Sizer 的计量方法有沟纹刮棒、刮刀和大直径计量棒等三种型式。沟纹棒计量最适宜于低固含量（ $15\% \sim 20\%$ ）、低涂布量（每面约  $2.5 \text{ g/m}^2$ ）的涂布，棒的寿命约 10 余天；刮刀计量则更适用于涂料固含量达  $50\%$ ，每面涂布量小于  $5 \text{ g/m}^2$  的涂布；大直径计量棒则最适用于高涂料固含量（ $\geq 50\%$ ）和高速纸机的涂布。

### 1. 辊式涂布的流体力学理论

辊式涂布器自 20 世纪 30 年代问世以来，经过了 60 年代的门辊和 80 年代的凹印辊两次大的技术革命之后，90 年代又被造纸工作者重新重视起来。在 1996 年 5 月的 Tappi 加工纸年会上专门组织了有关施胶压榨的理论与实践研讨会。在过去 70 年的发展中，辊式涂布的应用范围发生了很大的变化，但是对其理论的研究多注重其稳定性方面，对于该涂布方式对成纸性能影响缺乏研究。

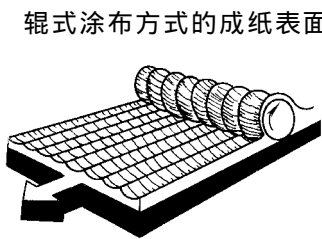


图 9-27 辊式涂布的条纹不稳定性

辊式涂布方式的成纸表面不像气刀涂布那样为等厚度涂布，也不完全像刮刀涂布那样为平面涂布，而是介于两者之间的一种表面较平整的厚度差别不太大的涂布方式，向两者偏移的程度取决于辊子的几何尺寸和操作条件。对辊式涂布的流体力学方面的研究指出，在涂施过程中存在着两种涂布的不稳定性，这两种不稳定性都是与膜分离有关。第一种不稳定性是涂布条纹，

见图 9-27。当涂布的车速高到一定程度时（这里所说的高速与辊子的直径有关），由于流体（涂料）所受的离心力和膜分离作用使得涂层产生横向条纹，这种条纹沿纸机运行方向连续出现。在涂布应用中是应当避免的。Greener 等人的研究还指出，是否产生条纹还与涂料的流变性有关，对于黏弹性流体，产生条纹的机会更大。另一种运行不稳定性的产生是在涂层表面上形成麻点，形成的机理与涂料和原纸的性能有较大的关系。当涂层从辊子上分离下来后，由于膜分离时涂层表面的流体受到从表面向外垂直于纸面的拉力。这个拉力将在涂层的表面形成一些麻点。涂料从涂布头出来后，会向原纸失水，同时表面上的麻点也会产生应力松弛，即流平作用。如果涂料的流平性能好，涂层表面是平整的，但是如果涂料的流平性能差或在流平之前已经固化，那涂层表面的麻点不能流平，会严重影响涂布质量。

在此过程中的速度分布情况和在压区中压力的分布情况等研究得较少。值得提醒的是压区中的压力分布，是根据润滑理论假设而求出的，速度场的分布情况，是通过有限差分求解偏微分方程得到的。

图 9-28（b）中的横坐标是标准化了的位置坐标， $x=0$  时为压区的正中，即在  $x=0$  时两辊之间的间隙最小。将这一最小间隙计为  $2H_0$  见图 9-28a， $v_2/v_1$  是两辊的速比。 $X < 0$  一侧是入口侧， $X > 1$  为出口侧。压力的正值极值点总是位于入口侧，负值的极值点总是位于出口侧。

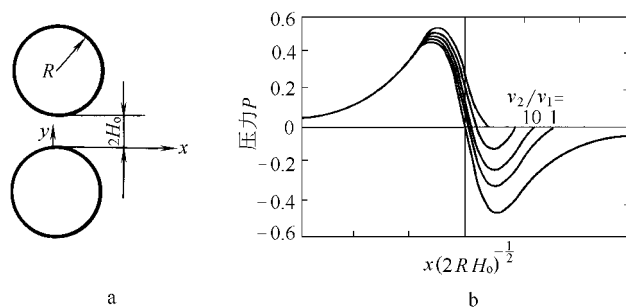


图 9-28 辊间参数定义及压力分布

a—等直径辊间参数的定义 b—两涂布辊之间的压力分布曲线

要求的辊式涂布的流场分布情况，采用有差分或有限元的方程，用计算机数值模拟来实现。图 9-29 所示的是一组计算结果，结果是以流线形式表达出来的。图中所假设的流动条件是两辊的直径相等，并且假设半径  $R$  是辊间距  $2H_0$  的 100 倍。图 9-29 (a) 所描述的是当两辊转速相同时的流场情况，可以发现在两辊的下游，膜发生分离的地方存在着多达 6 个驻点（驻点是流场中速度为零的点）。在三维方向上，每个驻点代表着一条静止的流线。在驻点处，涂料所受的剪切速率接近于零，对于剪切变化黏度的涂料而言，驻点处的黏度相对较高，加上在这个分离区域中存在着一对小漩涡，这对漩涡同样会对涂层的均一性产生影响。值得注意的是当两辊速比增大到 2:1 时（见图 9-29），流场没有发生大的变化，只是漩涡的大小和位置发生了变化，驻点的数目并无变化。另一个不同是膜分离后的厚度不同，速度高的辊面上有较厚的涂层。

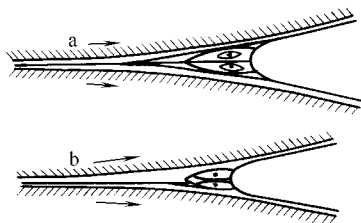


图 9-29 辊式涂布头两辊下游的流线分布

国内有的学者对涂布过程中所存在的漩涡的影响进行过分析，对于辊式涂布，存在于辊式涂布机下游的漩涡因受到涂料性能的影响，并不一定会出现。当涂布过程的毛细管常数较大时，根据计算，下游的漩涡就会消失。毛细管常数的定义是： $C_a = \mu v / \delta$ ，这里  $\mu$  表示涂料的黏度， $v$  是辊子的线速度， $\delta$  是涂料的表面张力。漩涡是否存在取决于辊子的大小、两辊间距、涂料性能和车速等几个主要参数。

## 2. 门辊涂布器

门辊涂布器在国外曾用于高速造纸机的机内表面施胶，20 世纪 80 年代初才由日本首先开发用于机内生产每面涂布量约  $6\text{g}/\text{m}^2$  的涂布纸，当时称之为门辊纸，之后被正式定名为微涂布纸，从而发展成为涂布纸类中的一个独立分支。由于其价廉物美，在日本以至世界上已被广泛用于中小学生的课本、书籍、杂志、画报、商品目录、商标、广告、说明书、小册子以及报刊插页等。

微涂布纸在我国习惯称为轻量涂布纸，它是介于铜版纸与胶版纸之间，或者说是 LWC 纸（低定量涂布纸）与 SC 纸（超级压光纸）之间的一种用途广泛和高附加值的新品种。用门辊涂布器等辊式涂布取代机内双辊表面施胶，以生产轻量涂布纸等高档文化用纸，是纸机技术发展的一种必然趋势。

图 9-30 所示的门辊式施胶压榨带有一个不与纸页接触的偏置料池。该偏置料池向计量

压区输送胶料，此计量压区控制进入第二压区的胶料量。第二压区控制胶膜均匀度。为了将胶膜花纹减轻到最低程度，门辊组中的各辊子的速差在运行中是非常重要的。

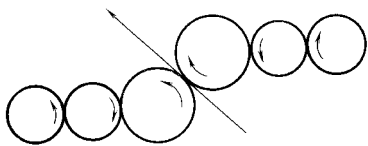


图 9-30 门辊式表面施胶

在门辊涂布器中，胶液固含量和吸液率为独立变量，这就有可能提高淀粉胶液浓度来减轻后部烘缸组的负荷，而且这种“转印”上涂方式使淀粉牢牢粘附于纸页表面。

但是与胶膜分裂和出口侧粘辊有关的问题依然存在，并有可能随淀粉胶液浓度的提高而加剧。由纸页离开压区时而产生的  $Z$  向高剪切力引起纸页变粗糙和掉毛，是纸页表面产生条痕等纸病的原因。

以门辊式涂布器取代传统的表面施胶压榨牵涉到以 6 辊代替 2 辊，从而引起投资费用增加、维修费用大幅度上升和换辊所需停机时间等潜在问题。同时还需对 6 台，而不是 2 台传动装置进行安装和保养。25 年前当门辊式表面施胶推广应用时，它被认为是表面施胶技术方法的一个突破。然而维修和纸张质量方面的问题已使大多数北美和欧洲的门辊式涂布器或改成传统的表面施胶装置或是由其他表面施胶装置所取代。门辊式涂布器在日本仍被广泛使用，我国轻涂纸机上用的也非常广泛，在加拿大大型不含磨木浆纸机上也有应用。

门辊式涂布器的辊子维修和胶膜分裂花纹问题促使了计量刮刀/刮棒表面施胶压榨的研制开发。

门辊涂布器具有以下突出的特点：①涂布辊和内外门辊直径大。由于刚性好，使得 4 根涂布辊和外门辊都无需中高，从而简化了制造厂的加工和造纸厂的维修。同时，直径大也有利于在相对较高的车速下运行。②6 根辊之间即各个压区之间均设有机差动微调限位装置。可通过各压区气动加压系统的减压阀来改变压区压力和压区变形宽度（在已定的包胶硬度与辊径条件下）也可以在压区压力调节不变的情况下，通过机械差动微调装置，来改变压区变形宽度，实现对涂布作业更方便、更有效的调节。③两侧主机架为箱形结构。所有加压臂与波纹气胎等均封闭于机架之内，使造型美观，并有利于在生产中保持设备整洁。

国产带有门辊涂布器的纸机已开发出 1760mm 和 2640mm 等幅宽系列，最高工作车速可达到 350m/min 和 500m/min；国内门辊涂布器的开发还要适应国内大量现存的 1575、1760 和 2362 纸机产品升级换代的技术改造需要。

门辊涂布器每面涂布量通常约为  $3 \sim 8\text{g/m}^2$ 。美国 BC 公司涂布专家曾介绍过，门辊涂布器每面涂布量在  $6\text{g/m}^2$  以内是不会出现橘皮花纹的，只有达到  $8\text{g/m}^2$  以上才担心出现问题。山东一造纸厂对其使用的门辊涂布器的涂料配方进行了改进，门辊涂布器每面涂布量甚至高达  $12.5\text{g/m}^2$ ，并未出现橘皮花纹。由此可见，尽管门辊涂布器主要适用于轻量涂布范畴，但在涂料配方更为合理和优良的情况下，可以突破每面涂布量  $8\text{g/m}^2$  的界限，在允许尽可能增大每面涂布量的情况下，不仅可以提高轻涂纸的平滑度和光泽度，也能降低轻涂纸生产的原料成本。

国际上目前带有门辊涂布器的纸机运行车速大多超过 600m/min 甚至高达 900m/min 以上。日本正在推广与高速化相适应的门辊涂布设备。门辊涂布机的料坑是处于水平布置的内外门辊夹区上，涂料浓度可高达 60% 左右，因此在高速条件下比起双辊式表面施胶压榨产生的涌动或抛溅现象大为减弱，可完全保证高速条件下正常运行。

价廉物美和用途广泛的轻涂纸，势必完全取代不涂布的胶版印刷纸，同时轻涂纸还将占领着涂布纸中相当大份额的市场。

作为生产轻涂纸的涂布设备，辊式涂布器已是世界造纸发展的主流。门辊涂布器除了用于新建的轻涂纸生产线外，同时对我国小型纸厂的产品升级换代，及用作铜版原纸的预涂布等技术改造都是十分可取的。总之门辊涂布器具有结构简单、运行可靠、操作方便、维护容易等特点，将可能成为适合我国国情，生产轻涂纸的一种成熟、可靠、实用、先进的辊式涂布器。

### （三）膜转移辊式涂布器

膜转移辊式涂布器大都是由施胶压榨改进而来，又称为膜式压榨，主要有 Valmet 的 SYM-sizer、Voith 的 Speed-sizer、Jagenburg 的 Film Press 等。

#### 1. SYM 涂布器

对纸页进行表面施胶所采用倾斜式双辊施胶压榨易发生辊间液槽的胶液骚动，同时由于施胶后纸页水分增高，因而容易出现断纸或皱折等问题，不适合高速运转。

另外，近年抄纸机惊人地高速化，对于需要进行表面施胶的纸种，也迎来了抄速达 1000m/min 以上的时代。可以说，施胶压榨即将成为抄纸机高速化的一个关卡。

SYM 施胶机从根本上克服了这种缺点，不仅使高速运转成为可能，还有提高纸张质量及节约能源等许多优点。到目前为止，该涂布器已使用了多台。下面将介绍这种涂布器的特点及结构。

SYM 涂布器是采用在辊面上形成胶液膜再将其转移到纸上的胶膜转移式施胶装置，它没有胶液槽就能进行施胶（参照图 9-31）。胶膜的形成应用了短停留式涂布技术的上涂装置，由刮刀或沟纹刮棒进行。因此，即使与现有的膜转移式双面辊式涂布器相比，也具有胶膜质量非常高，可调整全纸幅均一性等许多优点。

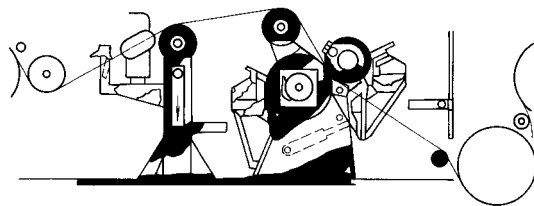


图 9-31 SYM 涂布器

SYM 施胶机的主要特点如下：①能高速运转。②不强化干燥能力也能提高产量。③减少了断纸及起皱折等问题，提高了生产效率。④进 SYM 施胶机之前的纸页水分可较高，出 SYM 施胶机之后的纸页水分可降低。⑤胶液和水分在整个纸幅中的分布变得均匀。⑥通过纸页表面、内部施胶量的调整，可控制纸页的翘曲。⑦蒸汽单位消耗降低。⑧也可进行颜料涂布。

SYM 涂布器的关键部分是上涂装置，它能够均匀分散纸页横幅方向的胶液，并在辊面上形成质量良好的胶膜。它的独特部件——密封刮刀在运转中前端与辊间的接触角设计成几乎等于“0”。在这个刮刀的前端附近开了许多孔，胶液穿过这些孔到达密封刮刀和辊之间，其中一部分循环，另一部分被加速至辊速，再次进入上涂室。这种密封刮刀的结构使下述重要特点得以实现。

（1）由于胶液于密封刮刀处已被加速至辊速，因而可以在辊面上形成坚固而优质的胶膜。

（2）由于能完全防止空气的侵入，就不会发生跳涂（涂布不匀）等问题。

（3）胶液可对密封刮刀和辊间进行润滑，不产生摩擦等问题（密封刮刀的前端是在胶液的液压作用下浮起在辊表面上）。

（4）能使胶液的再循环量少，把泡沫抑制在最低限度。

最后的胶膜的形成是由上涂刮刀或沟纹刮棒完成的，用刮刀涂布时，胶膜的厚度能用刮

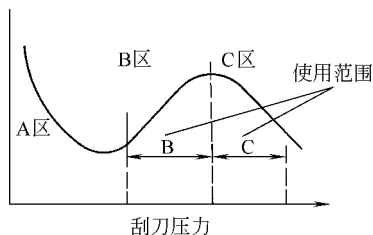


图 9-32 刮刀压力和胶膜厚度

刀的位置及刮刀压力来调整，图 9-32 示出了刮刀压力和胶膜厚度之间的关系。幅向胶膜厚度的均一性的控制可以由在横幅方向设置的多个微调蜗杆升降器进行局部刮刀压力的调整来完成。使用刮棒涂布时，可通过由变更刮棒沟槽的大小来调整胶膜的厚度。将用刮刀涂布变换为刮棒涂布或进行相反的变换，都非常简单，只变换刮刀和刮棒的托座即可。

可以说刮刀涂布要做极细微的全幅厚度调整，而刮棒涂布调整的项目少且运转容易。通过 SYM 涂布器的实际操作经验得知，刮棒涂布也可以得到良好的施胶及全幅水分含量均一性。现在大部分生产厂家均采用均一性。因此，现在大部分生产厂家多采用刮棒涂布。

上涂装置的倾斜转动是采用油压缸转动，设计上不仅紧凑而且能使操作侧和传动侧的动作同步。上涂装置的运转位置由可作微调的定程器来调整，采用刮刀涂布时，就可用这个装置调整刮刀位置和调整胶膜厚度。胶液通过联管箱供给，胶液通过内部折流板或狭窄的通路均匀地供给全幅方向，并设计成可从其一端进行再循环。刮刀机架本体装备有温水夹套，通入与施胶液温度相近的温水，因而可避免刮刀机架的热变形。上涂装置的两侧是用软质材料密封起来的，可沿幅宽方向变动密封的位置，从而能够调整涂布幅宽。在辊的两端设有喷淋器和擦拭器，可保持涂布幅宽之外的辊面洁净。

SYM 涂布器可适用于高、中档纸的施胶、涂布和  $6\text{g}/\text{m}^2$  单面轻涂；适用于新闻纸、商标纸（单面施胶，另一面涂布）；适用于涂布纸的预涂；还适用于纸板的涂布。

并且车速能满足高速化要求。

SYM 涂布器是以能高速而稳定地进行表面施胶而开发的设备，这个目的已充分达到，同时由于它还具备有其他许多特点，对于将中、低速运转的抄纸机的表面施胶压榨改造成 SYM 涂布器有很大意义。在下述情况下 SYM 涂布器将是解决这些问题的良好装置：①由于干燥能力的原因使生产能力不能再提高时。②在施胶压榨的前、后产生断纸，生产效率不能提高时。③想要降低蒸汽单位消耗时。④产品的表面施胶及水分含量在纸页横幅方向的分布有问题时。⑤不能有效地控制纸幅翘曲的时候。

## 2. 高速计量涂布器

BTG 发明的 HSM 高速计量涂布器，广泛用于机内的表面施胶（施胶量每面  $0.5 \sim 1.5\text{g}/\text{m}^2$ ，施胶固含量  $5\% \sim 15\%$ ），轻定量涂布（涂布量每面  $2.5 \sim 6\text{g}/\text{m}^2$ ，轻涂固含量  $30\% \sim 45\%$ ）和机外涂布（涂布量每面  $5 \sim 11\text{g}/\text{m}^2$ ，涂布固含量  $45\% \sim 65\%$ ）。

图 9-33 为高速计量涂布器的结构图，它由 2 个包胶背辊、2 个表面绕有直径为  $\phi 0.25 \sim 0.6\text{mm}$  钢丝的计量辊、2 套有冷却夹套的上料装置、2 套装有计量辊的计量装置、2 套用于收集多余涂料的涂料槽及用于给压区加压的气胎、

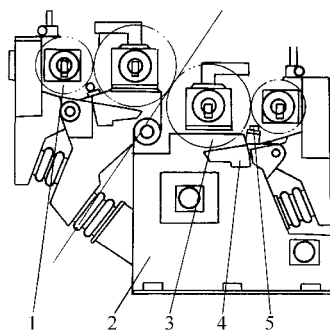


图 9-33 高速计量涂布器

1—计量辊 2—机架 3—背辊 4—料槽 5—上料管

保证压区间隙的微调限止和机架等零部件组成。

主要结构特点是：①涂料通过每侧一根上料管喷到背辊上，由背辊带涂料到计量区，通过计量辊计量，再转移到纸幅上，上料管外层带有夹套，外管采用冷却水冷却，以防止上料管堵塞及涂料在上料管外淤集。②计量辊采用钢辊，表面缠绕  $\phi 0.25 \sim 0.6\text{mm}$  直径的钢丝，其涂布量是由背辊和计量辊上所缠绕的钢丝间的空隙决定的，从而保证计量准确且与整机车速无关。计量辊车速一般在  $20 \sim 50\text{m/min}$  运行。辊内通冷却水进行冷却，消除由于摩擦产生的热量，避免辊面淤集涂料，以利于清洗。③背辊采用钢辊包胶，由于橡胶的硬度会影响压区宽度，进而影响涂布量，因此，包胶硬度可根据实际需要进行选择，对轻定量涂布来说，一般可选择稍软一些的橡胶。背辊内部也通冷却水进行冷却，控制辊面温度在某一范围内，从而保证涂布质量。④计量辊与背辊之间、背辊与背辊之间均装有微调限止器，用来调节它们之间的压力，保证运行过程中压力是恒定的，从而保证涂面的质量。⑤计量辊安装在一导轨上，可用手轮来调节计量辊与背辊的偏斜，最终克服因压力而产生的辊子挠度对涂布横幅均匀性的影响。

由于该涂布器没有形成直接和纸页接触的料池，计量工具没有接触原纸，因此对原纸的强度要求不高，非常适合我国国情。由于此计量辊的优越性，故能正确计量，涂布均匀，且不受车速波动或变化的影响。

### 3. 其他型式辊式涂布器

图 9-34 显示的是辊式涂布器的另一种改进结构，即高固含量计量辊涂布器，它结合了容积计量和低循环流速的某些优点。湿胶膜通过外绕大直径钢丝的计量辊上涂到涂布辊。

计量采取容积法，类似计量钢丝刮棒涂布。高固含量计量辊产生的剪切力不如计量刮刀或刮棒上料装置那么大，因而对涂料的流变性能要求也就不那么重要。

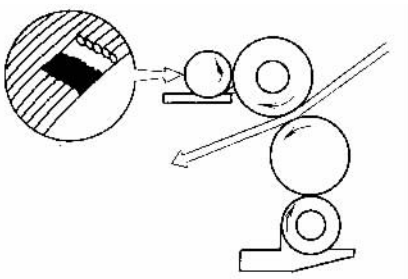


图 9-34 高固含量计量辊涂布器

## 二、气刀涂布器

气刀涂布器出现于 20 世纪 30 年代，它是一种适应性较广，应用较普遍的涂布器。其工作原理是由涂布辊将过量的涂料涂布于原纸或纸板表面上，而后在纸幅穿过背辊与气刀之间时，由气刀喷缝喷射出与纸幅成一定角度的气流将过量的涂料吹除，从而达到所要求的涂布量，同时将涂层吹匀。

气刀涂布器的主要特点是：①具有通用性；②操作维护方便；③涂布中不易产生刮痕、料斑；④涂层较富有弹性；⑤不与涂料接触，适于压敏性涂料的涂布；⑥涂料固含量较低，一般  $35\% \sim 42\%$ ，最高不超过  $45\%$ ，涂料黏度  $100 \sim 400\text{mPa} \cdot \text{s}$ ；⑦结构不紧凑，除纸板外，一般不用于机内涂布；⑧气刀易于受干涂料影响，局部堵塞。气刀涂布器近些年多用于小的机外涂布机、板压机内涂布及无碳复写纸（CB 面）涂布中；⑨气刀涂布能在车速每分钟几米以至  $600\text{m}$  的情况下操作，但正常的涂布速度范围是在  $120 \sim 320\text{m/min}$  之间。涂布量高至  $25\text{g/m}^2$ ，低到  $3\text{g/m}^2$  都毫无问题。

气刀涂布器是一种随形涂布器，这是指涂层只附着于原纸的表面，而对纸的平整度无改善作用。刮刀涂布与气刀涂布不同，刮刀将涂料嵌入纸面的凹坑并刮去多余的涂料。为此可以先进行计量棒或刮刀涂布，填平纸面后，再由气刀作表面涂布。



### (一) 气刀涂布器的基本结构

图 9-35 示出的是气刀涂布器的基本结构。原纸由退纸机经校正辊、引纸辊通过压纸辊

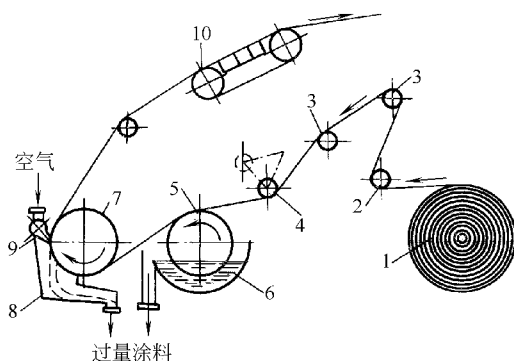


图 9-35 气刀涂布器

- 1—纸机 2—校正辊 3—引纸辊 4—压纸辊 5—涂布辊  
6—涂料槽 7—背辊 8—过量涂料收集槽  
9—气刀 10—履带真空箱

集槽内，与空气分离后又送回循环槽，经处理后再循环使用。纸幅继续前进，由履带真空箱吸引，而后送往干燥器干燥。履带真空箱的履带运行速度常稍高于纸速，从而使通过涂布器的纸幅具有适当的张力。

低黏度的涂料涂布时，有时采用反转涂布辊气刀涂布器（图 9-36）可获得更好的涂布效果。

刮刀材料常用磷青铜板、酚醛塑料板。大多气刀涂布器的涂布辊均设计成可作正向与反向旋转的，以适应不同涂布要求。

对于高速涂布，以及涂布层较厚或浓度及黏度较高的涂料涂布，可采用图 9-37 所示的双辊（或三辊）气刀涂布器。此时，由部分浸入涂料槽中的挂料辊供料。挂料辊同涂布辊相对转动，通过两辊压区时将大部涂料转移至涂布辊辊面上。涂布辊转向与纸幅行进方向相同。

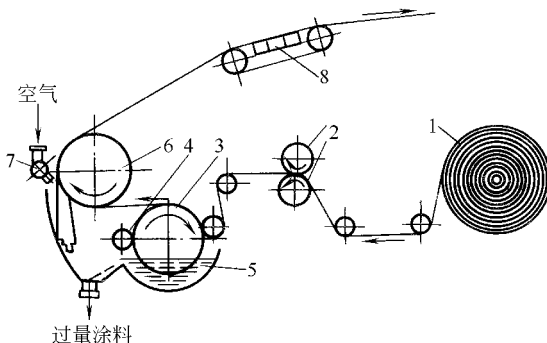


图 9-36 用反转涂布辊的气刀涂布器

- 1—退纸器 2—送纸辊 3—涂布辊 4—包胶调量辊  
5—涂料槽 6—衬辊 7—气刀 8—履带真空箱

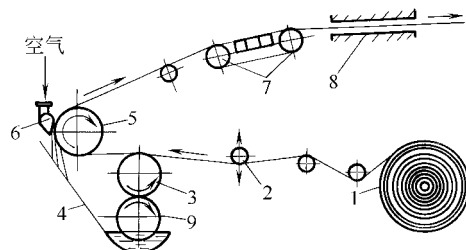


图 9-37 双辊气刀涂布器

- 1—退纸机 2—弹簧辊 3—涂布辊 4—涂料槽 5—衬辊  
6—气刀 7—履带真空箱 8—红外线干燥器 9—挂料辊

气刀涂布的涂布量取决于气刀风压及其相对于纸幅的位置、纸幅速度及涂料黏度。由涂布辊涂布到纸幅上的涂料应保持到最低限度，一般为所要求涂布量的 1.5 倍以下，这样可得到最佳的效果。

(二) 气刀涂布器的主要部件

气刀涂布器主要部件包括上料计量系统、气刀、供气系统、涂料槽、排气和回收系统、涂料循环系统等。

1. 气刀涂布器的上料计量系统

气刀涂布器的上料计量系统常用的有三种形式：单辊、双辊和三辊，如图 9-38 所示。单辊上料系统用的较多，上料辊以纸幅的 10%~40% 的速度沿纸幅运行方向旋转，辊表面的涂料厚度为 8~10mm，用于车速在 250m/min 以下的涂布机上。双辊上料系统也有较多地使用，由于添加了一只附加的计量辊，使得纸幅上需吹下的涂料量减少，适宜于涂布机车速在 200m/min 以上，纸幅宽度大于 3.8m 的涂布。三辊上料系统使用的较少，多用于高速涂布机（600m/min 以上），由于气刀的压力局限于 62.1kPa 以下，因此三辊上料系统能达到低上料量和平整涂层的效果，但由于横幅偏差较难控制的原因，只适用于纸幅宽度小于 3.8m 的涂布。上述三种计量系统应用于纸张涂布的实际情况见表 9-1 所示。

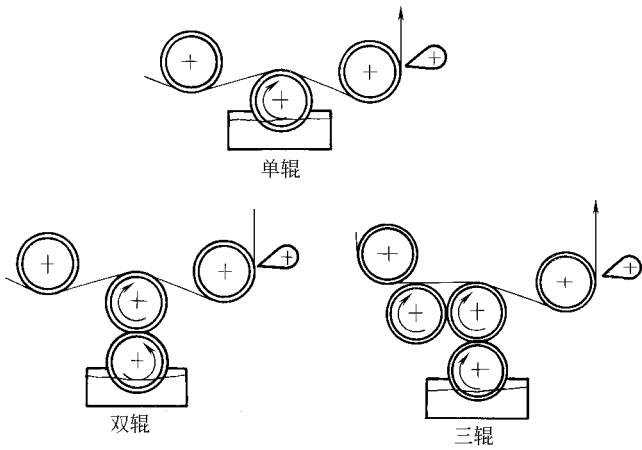


图 9-38 气刀涂布机上料计量系统

表 9-1 与气刀上料计量系统有关的涂布纸品种

|       | 印刷纸 | 折叠纸板 | 漂白纸板 | 热敏纸 | 照相纸 | 无碳复写纸 |
|-------|-----|------|------|-----|-----|-------|
| 单辊    |     | ×    | ×    | ×   | ×   |       |
| 双辊    |     |      |      |     |     |       |
| 联式    |     |      |      |     | ×   |       |
| 反式    | ×   |      |      |     | ×   |       |
| 垂直式   | ×   | ×    | ×    | ×   |     |       |
| 倾斜式   | ×   |      |      |     |     |       |
| 水平式   |     |      |      | ×   |     |       |
| 三辊    |     |      |      |     |     |       |
| L 倒置式 |     |      |      |     |     | ×     |
| V 倒置式 |     |      |      | ×   |     | ×     |

(1) 压纸辊。压纸辊为一表面镀铬并经抛光的钢质管辊，靠纸幅摩擦力而旋转。其作用是压紧纸幅，使纸幅通过涂布辊时与辊面有一定包角。此一包角大小由涂料性质、涂布量、纸速以及涂布辊旋转方向而定。因此，压纸辊的铅垂位置应能适当调节。当引纸时或涂布作业中止时，须将压纸辊升起，引纸后开始涂布时，将其放下。通常压纸辊安装在能用螺栓调

节其前后位置的轴承座上,以调节其与背辊的平行度。两轴承座装在两条适当长度的摆臂上,摆臂另一端则用键固定在一根通轴上,而通轴轴承座则固定于机架上。通轴的一端固定有端部叉形的杆臂,其叉口装有一个铰接的螺母。固定在机架上的摆动式差动气缸的活塞杆穿入与螺母相啮合的中空螺杆中。这样,压纸辊的上升和下降可由摆动式差动气缸来实现,而压纸辊上下位置可由转动螺杆进行微调。

(2) 涂布辊。涂布辊为直径 200~250mm 的管辊。辊筒材料根据涂料腐蚀性来选定,常用的有不锈钢、普通钢表面镀铬或冷硬铸铁表面镀铬等。辊面须经研磨抛光至粗糙度  $R_a < 0.32 \sim 0.63 \mu\text{m}$ 。涂布辊单独传动,根据生产需要可调节其转速,且能对纸幅作顺向或逆向旋转,因此多用直流电机经减速箱拖动。涂布辊两端装有刮边器。刮边器用硬度为肖氏 50~60 度的橡胶板制成,宽约 35~50mm。刮边器装在固定于两侧轴承盖上的支承架上,使橡胶板前缘与辊面相接触。刮边器的作用是将涂布辊两端端部的一段涂料刮下,使纸幅两侧约有 5mm 左右的宽度不为涂料涂布。如果纸幅整个宽度上均涂布涂料,当气刀气流喷射于涂层时,将会把少量涂料吹到纸幅背面,这可能造成纸幅两边干燥不良,而使纸卷两端粘结住,且可能损伤超级压光机辊筒。

(3) 背辊。背辊结构材料及加工要求与涂布辊相同,但背辊没有传动装置,直径要大些。背辊靠纸幅摩擦力作用而转动,故与纸幅同速。背辊的作用是支承住纸幅。

## 2. 气刀

### 1) 气刀的结构

气刀的作用在于以薄层气流均匀的沿纸幅整个纸面宽度喷冲纸幅上的涂料层,将过量的涂料冲刷下来,并将纸面上的涂层匀化。因此,气刀喷缝应设计得使气流通过喷缝时呈层流状态。

气刀结构形式有多种,常用的结构示于图 9-39a。气刀体为心脏形截面的铸铝结构,其开口下侧用螺钉固定在不锈钢下唇板上,上侧用调整螺钉将不锈钢上唇板固定于紧固板上。上、下唇板间的缝隙(即喷缝)可在 0.4~0.8mm 范围内用调整螺钉调节。进风管由两端通过端盖穿入气刀体内,其在气刀体内的风管在背向喷缝一侧开有两排开孔,两排开孔沿轴向是交错的,而在周向则相错 90°,这样使得空气进入气刀体内时分布均匀。进风管两端伸出气刀体的部分支承于支承座的球面上,两端用橡胶软管与送风管连接,同时从两端送入压缩空气。由于压缩空气内含有水分,因而进风管常用不锈钢或铜管制造。气刀体背面固定有平衡块,用以使气刀整体稳定。凸台上装有水平仪用于检查和调整气刀的水平位置。为使气流由喷缝喷出后呈层流状态,气刀体内腔须尽可能圆滑。故气刀体内腔表面须进行喷沙处理,上、下唇板与气流接触的表面粗糙度在 0.6~32.5 $\mu\text{m}$  以下,且保证喷唇两侧表面平行。

气刀腔夹角大小直接影响湍流系数变化,随着夹角增大而增大,高压气流在气刀腔内二股气流会合,因湍流系数关系产生不同涡流区,气刀阻力变化造成出口风速局部不均匀,气流散射直接影响气刀效果。

气刀唇口长短,喷口缝隙、宽窄,直接影响高速气流(200m/s)的摩擦损耗,唇口越长损耗越大,气体流出喷口散射越严重,剩余有效压力越小。涂料在这部分飞溅影响纸面平整,影响到涂料固含量的提高,若还要求流动良好,这时纸面上粉量控制适应性也差,这些对产品质量有直接影响。

一种改进的气刀如图 9-39b 所示,它与普通气刀参数对比见表 9-2。

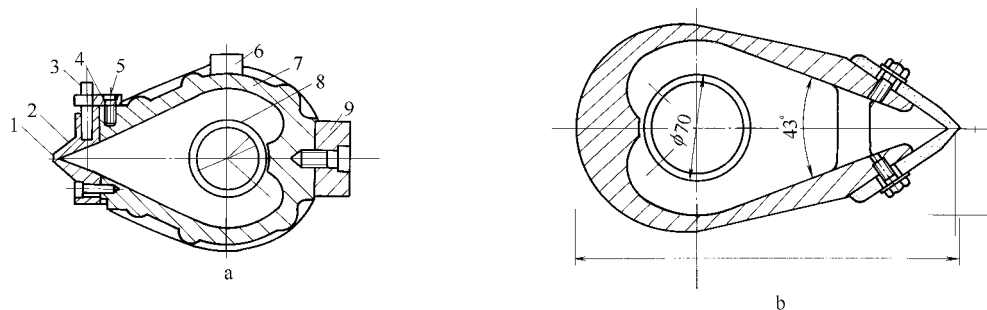


图 9-39

a—气刀结构 b—改进的气刀剖面

1—下唇板 2—上唇板 3—调整螺钉 4—紧固板 5—固定螺钉

6—水平仪凸台 7—气刀体 8—进风管 9—平衡块

表 9-2

改进的气刀与普通气刀参数对比

| 改 进 型                                    | 普 通                     | 改 进 型                         | 普 通        |
|--|-------------------------|-------------------------------|------------|
| 气刀喷口缝隙: $0.6\text{mm} \pm 0.03\text{mm}$ | $0.9 \sim 1.6\text{mm}$ | 气刀二风速: $210\text{m/s}$        |            |
| 气刀唇口长: $3.05\text{mm}$                   | $10\text{mm}$           | 气刀口离背辊间隙: $3 \sim 5\text{mm}$ |            |
| 气刀腔夹角: $43^\circ$                        | $48^\circ$              | 气刀口与背辊中心夹角: $30^\circ$        | $41^\circ$ |
| 气刀收缩过渡长度: $\sim 200\text{mm}$            | $165\text{mm}$          |                               |            |

## 2) 气刀的类型

常见的气刀型式有三种, 固定式气刀、旋转式双气刀和调节式气刀, 如图 9-40 所示。气刀喷缝的间隙一般可在  $0.5 \sim 1.6\text{mm}$  范围内调节, 上唇板比下唇板略长  $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ , 以保证气流平稳而略下倾方向喷出。双气刀可在不停机的情况下对另一气刀进行清洗。可张式气刀可快速方便地去除气刀口的堵塞, 从而可防止涂布系统的不正常。

## 3) 气刀的调整

为便于逐段局部调节喷缝间隙, 有的气刀上、下唇板均固定于气刀体两侧翼板端部, 而靠唇板附近的气刀体两翼板沿轴向装设的一排长螺栓来调节, 螺栓间距约为  $75\text{mm}$ 。螺栓中的一半用于使气刀体两翼板微量张开, 从而使其附近喷缝间隙加大; 而另一半用于使两翼板微量合拢, 从而使其附近喷缝间隙缩小。两者相间排列, 以便逐段调整喷缝开口宽度。

气刀喷缝同背辊间的距离、相对位置及对纸幅的角度均应能进行调节 (图 9-41)。为此, 气刀两端支撑座的底座可用水平螺杆调整其水平位置, 而底座支撑又可以借直立螺杆调整其铅垂位置。喷缝对纸幅的倾斜角则由装于气刀支撑座侧面的螺杆顶住气刀端盖上的凸台来调节。为使气刀能在一定角度范围内转动, 进风管两端须用挠性管与送风管连接。

气刀安装的几何位置如图 9-42 所示, 图中符号的表示意义如下:

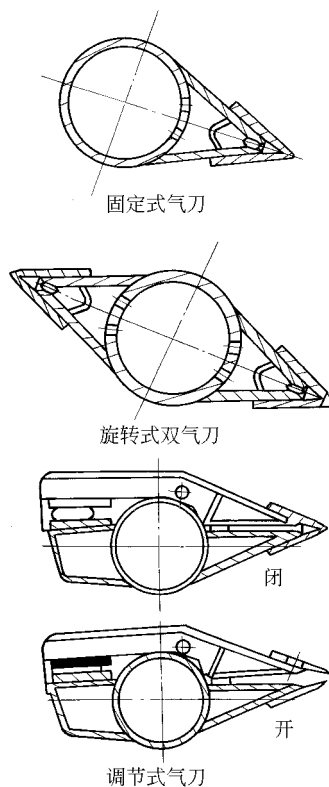


图 9-40 常见的气刀形式

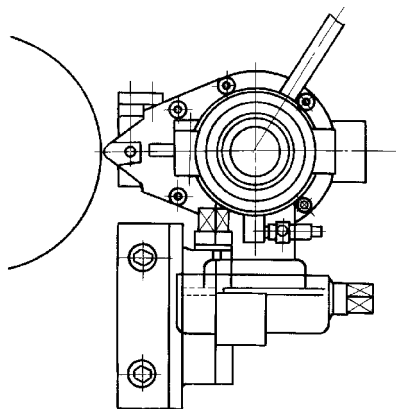


图 9-41 气刀调整机构

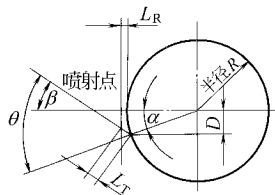


图 9-42 气刀安装的几何位置

$R$  ——背辊半径

$D$  ——喷射点与背辊水平中心线之间距离

$\alpha$  ——喷射点的背辊径线与水平中心线之间的夹角

$\beta$  ——气刀喷射中心线与背辊水平中心线之间夹角（这不是计量角）

$\theta$  ——喷射点的背辊径线与刀口喷嘴中心线的夹角（这是计量角）

$L_R$  ——背辊与气刀唇嘴之间的水平距离

$L_T$  ——沿气刀中心线唇尖与背辊喷射点的距离

气刀位置的具体调整步骤如下：①测量背辊半径；②从涂布机两侧检测距离  $D$ ，核对两侧的高度与涂料收集盘制造厂商推荐的是否相同；③将气刀通入气体，确定背辊上的喷射点。④计算角  $\alpha$ ： $\alpha = \arcsin D/R$ ；⑤测量角  $\beta$ ：在气刀喷嘴上放置一条线带，通入空气后，

线带位于气刀的中心线上，然后测量气刀中心线与背辊水平中心线之间的夹角，即  $\beta$ 。⑥大部分气刀喷嘴与背辊的距离调节是沿着水平轴方向进行的。按照这种调节方法将气刀移进移出的结果会导致计量角度  $\theta$  和喷射点同时发生改变，因此当你改变一个参数时（计量角或者距离时），你必须要校正另一个参数以避免干扰效应。因此最新设计的气刀涂布机，气刀头的移进移出是沿着喷射中心线进行的，这样既可改变计量角，又可改变距离而又不相互干扰。大部分气刀操作时的计量角  $\theta$  处于  $52^\circ \pm 3^\circ$  范围。这样， $\beta = \theta - \alpha$ 。⑦将气刀喷嘴与背辊距离  $L_R$  调整在  $3 \sim 4.5\text{mm}$  之间，将侧隙规垂直放入喷嘴与背辊之间进行测量，但要记住在测量同时要放入所涂布的纸样。⑧在喷射角和距离这两种调节中，距离调节的范围较大，通常的操作是使喷射尽可能靠后，在最高涂布机速度时，使用约 90% 的空气压力，这会保证气刀尽可能长时间的保持清洁，并可以在工艺条件改变时，仍具有能力进行调节。

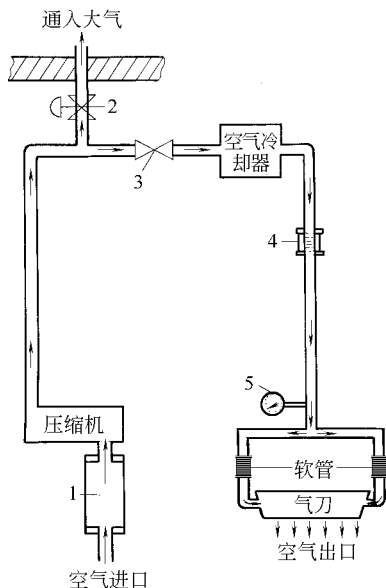


图 9-43 供气系统流程图

1—过滤器 2—压力调节阀 3—蝶阀开关  
4—过滤器 5—压力表

⑨ 计量角的调节对涂布表面质量影响很大。一般来讲，在较大计量角度操作时，会在纸面纵向产生条痕；而在较小计量角度操作时，会在纸面横向产生 12~25mm 的条痕。因此只有在最佳计量角度时，上述两种情况才会避免。

3. 气刀的供气系统

气刀涂布机的供气系统由四个基本部分组成：风机、空气冷却器、管路及气压和气流调节器，其典型的供气系统流程如图 9-43 所示。空气需求量的大小取决于气刀喷口的间隙和所需的气体压力以及管路压降损失，表 9-3 列出的是在 0.1MPa、20℃ 状况下，气刀喷口间隙分别为 1.0mm、0.89mm 和 0.77mm，在不同压力下所需要的空气量。空气量是以每厘米长度为基准时的每分钟所需空气的体积。

表 9-3 不同压力状况下，气刀喷口间隙大小与标准空气流量的对照表

| 压力 $p/\text{kPa}$ | 空气流量 $Q/\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ |            |            |
|-------------------|--|------------|------------|
|                   | 1.0mm 间隙   | 0.89 mm 间隙 | 0.77 mm 间隙 |
| 6.9               | 0.066  | 0.057      | 0.049      |
| 13.8              | 0.093  | 0.081      | 0.069      |
| 20.4              | 0.113  | 0.099      | 0.085      |
| 27.6              | 0.129  | 0.114      | 0.098      |
| 34.5              | 0.144  | 0.128      | 0.109      |
| 41.3              | 0.158  | 0.141      | 0.118      |
| 48.2              | 0.170  | 0.152      | 0.129      |
| 55.1              | 0.185  | 0.161      | 0.138      |
| 62.0              | 0.193  | 0.172      | 0.147      |
| 68.9              | 0.207  | 0.180      | 0.155      |

4. 气刀涂布机的涂料槽

涂料槽的关键是要有一个可使涂料作循环流动的结构，因为绝大多数的涂布方式都要求有一个稳定的涂料供应，以便能适宜地控制涂布量。如果涂料槽为非循环流动结构，那么就要考虑到蒸发效应的问题，因为从纸幅上吹落下来的涂料已被原纸作了部分的脱水，这些多余的固含量偏高的涂料，又会返回到涂料槽。另一重要的方面是要防止涂料槽中的涂料发生死角，但也要注意不允许出现湍流，否则就会产生泡沫，给涂布面带来严重的斑痕。图 9-44 为几种常见的涂料槽结构图。

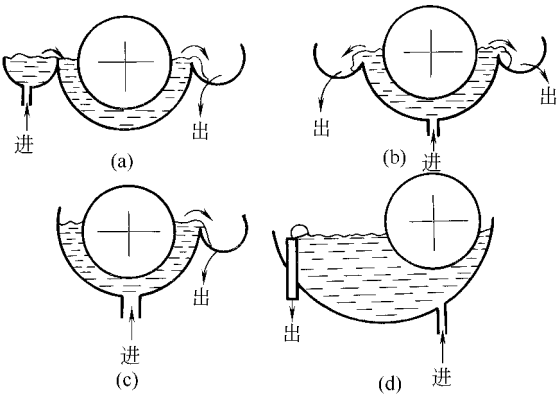


图 9-44 气刀涂布机的涂料槽结构 (a) ~ (d)

5. 气刀涂布机排气和回收系统

气刀涂布机由于操作上的自然因素，在涂料中混有大量的空气，因此必须设置具有挡板

的料气分离槽，它能将大量的空气从回流的涂料中分逸出来。又由于空气会重新循环的缘故，因此还必须把混入到空气中的干燥的涂料粉末也分离出来。图 9-45 至图 9-49 是五种无正压排气装置的料气分离槽的结构图。这种分离槽必须在后面的流程中布置筛选装置，不然的话，回流出来的带有脏物的 50% 涂料与新鲜涂料混合后，将会给涂布质量带来危害。

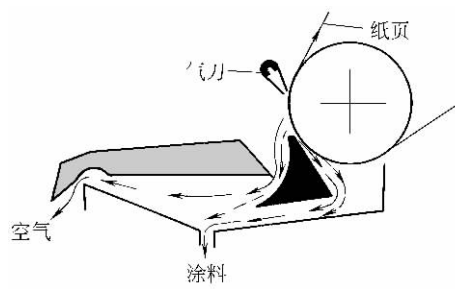


图 9-45 气刀涂布机料气分离槽结构 A

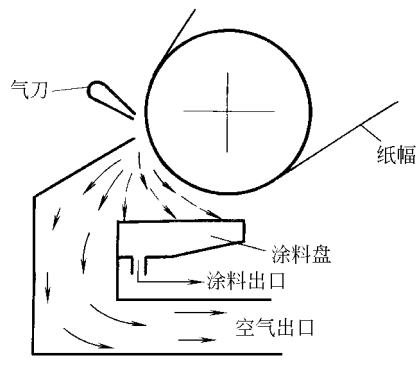


图 9-46 气刀涂布机料气分离槽结构 B

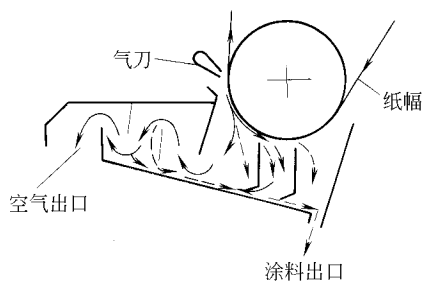


图 9-47 气刀涂布机料气分离槽结构 C

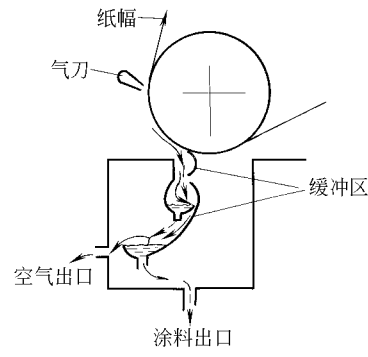


图 9-48 气刀涂布机料气分离槽结构 D

图 9-50 是一个带有正压排气装置的气刀系统，适用于高速涂布或高涂料吹落量的情况。

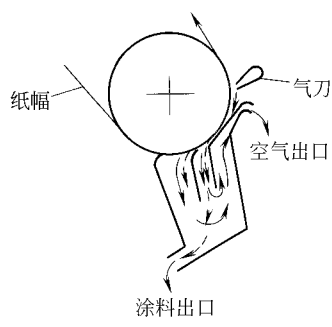


图 9-49 气刀涂布机料气分离槽结构 E

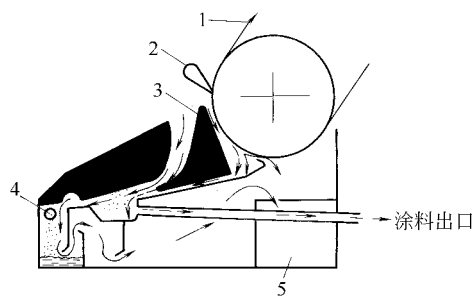


图 9-50 气刀涂布机料气分离槽结构 F

1—纸幅 2—气刀 3—缓冲 4—喷淋  
5—排风扇将空气排出

## 6. 气刀涂布机的涂料循环系统

从气刀涂布回流的涂料，其固含量要比送入供料槽的新鲜涂料的固含量高，因此在供料

系统中必须有一个可以调节固含量的装置。否则在涂布作业过程中,涂料的固含量将逐渐增高。

图 9-51 为典型的气刀涂布机涂料循环系统。

7. 气刀涂布机的涂布量控制

如欲降低纸面的涂布量,可以由下列方法达到:①增加空气压力;②降低车速;③降低涂料固含量;④降低涂料黏度;⑤减小气刀的喷嘴缝隙;⑥缩短气刀的喷嘴口与背辊上纸幅间距离。

反之,如果要增加涂布量时,则将上述方法进行相反操作,即可达到增加涂布量的目的。

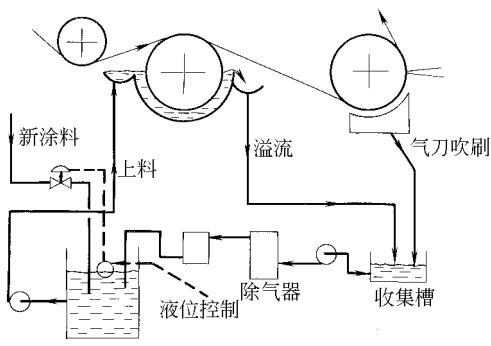


图 9-51 气刀涂布机涂料循环系统

三、刮刀涂布器

刮刀式涂布器自 20 世纪 50 年代第一个专利发表以来,现已发展成多种具有不同结构的刮刀涂布器,如硬刀刮刀涂布器、软刀刮刀涂布器、金属丝刮刀涂布器、刮辊式涂布器等。

刮刀涂布器具有高速涂布性和高质量两方面的优点,因此至今它仍是生产各种涂布印刷纸的主要涂布器。这部分内容将介绍适于高速生产重涂布纸、微涂布纸及高级涂布纸的刮刀涂布器。

刮刀涂布器只有在最佳的涂布条件下(包括原纸及涂料两方面)才能有力地发挥特长,为了满足使资源有效利用和降低生产成本的要求,需要进一步开发刮刀涂布器和改进现有的刮刀涂布器。

(一) 刮刀涂布器的结构原理及特点

1. 结构

刮刀涂布器的基本结构见图 9-52。

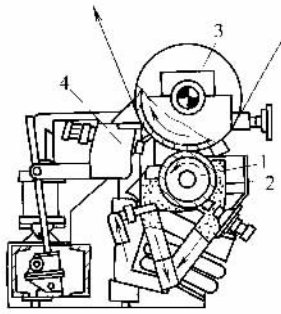


图 9-52 刮刀涂布机的结构图

1—上料辊 2—涂料盘 3—背辊 4—刮刀架

(1) 刮刀。刮刀的几何形状非常重要,这是因为刮刀磨损程度直接影响涂布质量的控制。硬刮刀磨损后的刮刀角度应与新刮刀的倾角是一样的。软刮刀磨损后会在原来无角度的矩形侧面产生出角度。这就需要测量更换下来的每一把刮刀的角度,使用一台移动式显微镜,准确测量出倒角边的宽度  $L$ ,刮刀厚度  $\delta$ ,则可根据公式  $\tan\alpha = \delta/L$  算出刮刀角度  $\alpha$ 。

(2) 背辊。背辊辊筒直径和表面硬度是以涂布工艺的要求而设计的,辊筒直径从 300mm 到 1250mm,一般采用 800~1000mm。通常辊面包覆改性氯丁橡胶或合成橡胶材料,硬度约 70P&J。辊面必须精密研磨,在刮刀压力下应保持恒定,同时还要求在刮刀的压力下背辊与刮刀接触部位略有变形,刮刀压力经常在 300N/cm,这使得背辊趋向于粗大。

(3) 上料装置。由上料辊和涂料盘组成。上料辊直径一般设计为 300~500mm,辊面包覆橡胶,硬度约 30P&J。涂料盘由不锈钢材料制成,其结构由内外壁构成,中间设有夹层需通入  $(0.3\sim0.4)\times 10^5\text{Pa}$  的冷却水。



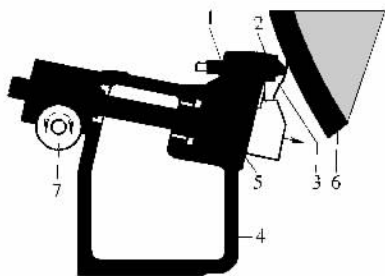


图 9-53 刮刀架示意图

- 1—微调螺杆 2—刮刀加压托架 3—刮刀  
4—刮刀支撑横梁 5—夹紧横梁  
6—夹紧横梁调节器 7—背辊

(4) 刮刀架。刮刀架的组成见图 9-53。刮刀架的作用是将刮刀固定在夹紧横梁上，并可通过刮刀横梁或夹紧横梁的调节，对刮刀涂布过程进行加压和角度调整。

## 2. 工作原理

刮刀涂布是通过上料辊将过量的涂料涂覆在纸幅上，再用刮刀将多余的涂料刮去，它具有将原纸表面的低凹处填平的平面涂布的特点，因此涂层表面相当平滑，具有良好的印刷效果，并且它适应高浓涂料和高速纸机的涂布。

## 3. 刮刀涂布器的特点

刮刀涂布器的优点有：①能填平原纸凹凸不平的表面，涂层平滑度高；②能实现高速涂布，最高车速可达到 2000m/min，甚至更高；③适应高浓涂料的涂布，其涂料的固含量可达 50%~65%；④适用于从低黏度到高黏度涂料的涂布，所用涂料的黏度一般为 1000mPa·s，涂布量为 5~20g/m<sup>2</sup>。

涂布量的大小是由下列因素决定的：①原纸可压缩性、吸水性和表面平滑度；②涂料固含量、保水性和黏度；③刮刀形状的影响：当涂布量为 15g/m<sup>2</sup> 以下，刮刀刃为非斜形，刀片厚为 0.3mm 以上；④涂布速度、刮刀与原纸表面形成的角度、刮刀厚度、刮刀凸出的长度和线压等工艺条件。

刮刀涂布的缺点是：刮刀耗损大、更换频繁、涂布面容易产生涂布条纹，这些条纹生产中较难解决。

## (二) 常见的刮刀涂布器

### 1. 拖刀式刮刀涂布器

拖刀式刮刀涂布器最早在 1945 年，是 A. R. Trist 的专利，由美国 Rice Barton 公司研制而成，这种涂布器的结构如图 9-54 所示。

原纸贴附于包胶背辊表面随背辊穿过侧面涂料槽，涂料槽是由不锈钢制的，槽底上装有弹簧钢片制成的刮刀，刮刀刃与背辊上的纸幅紧密接触。由于背辊表面包覆橡胶，包胶层厚度约 40mm，橡胶硬度为 70 P&J，因此刮刀与纸幅面相接触点具有可压缩的弹性，故两者能够很紧密地吻合。背辊的旋转，使纸幅向下移动，此时槽内涂料即随纸幅向下移动而涂覆于纸幅表面，涂料则由拖曳刮刀予以计量和刮平。

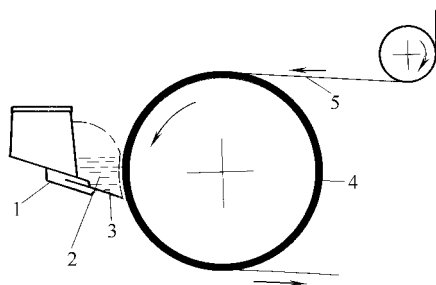


图 9-54 拖曳刮刀涂布器

- 1—刮刀架 2—涂料槽 3—刮刀 4—包胶背辊 5—纸幅

拖曳刮刀厚度约 0.3mm，刀片凸出刮刀架 19mm。在背辊停止回转时，刮刀与背辊的切线点成 30° 夹角；但是当背辊回转时，由于刮刀为弹性体，故其夹角大于 30°。涂料槽内涂料液位控制在 10cm 至 25cm 高度。由于刮刀刃经常在纸面上拖磨，因此回流的涂料可能会有纸屑，所以回流涂料必须经过筛选处理后再循环使用。

技术参数：车速 300~610m/min；涂布量 8~16g/m<sup>2</sup>；涂料黏度 1000mPa·s；涂料固

含量 50%~70%；刮刀厚度 0.3~0.64mm；刮刀线压 2.7~2.9N/cm；原纸定量 40~200g/m<sup>2</sup>；刮刀寿命 6~20h；适用于凹版、凸版、胶版印刷纸以及纸板的机内或机外涂布。

这种涂布器最初在美国用于主食面包的包装纸板上，其后普及到一般的刊物用纸，其适应范围较广，适应性较强。

这种涂布器的主要缺点是：①操作性能不好，如断头需要立即停车；②涂布量的调整是通过改变刮刀角度来完成，操作者感到很麻烦；③难以观察涂布面，在涂布器操作中，注意观察涂布面的条纹是最重要的，难以观察涂布面是这种涂布器的很大缺点。

2. 挠性刮刀涂布器

构造如图 9-55 所示。在有纸幅包覆的背辊下方涂料槽内的涂料不是通过上料辊转移至纸幅的表面，而是由涂料槽内液位的高低与纸幅表面相接触，这里的刮刀由一压缩空气软管予以加压和控制角度，并能分段粗调各部分刀刃与背辊的间隙。刀片安装角度约 45°。这种装置在断纸时可以迅速撤离与背辊隔开，涂料不会流失，使操作人员对断纸的处理比较容易。技术参数：车速 250~700mm/min，涂料固含量 55%~62%，涂料黏度 1500mPa·s，涂布量 5~13g/m<sup>2</sup>，刮刀厚度 0.3~0.5mm（涂料固含量高时，选用厚度大的刮刀）。主要适用于印刷书写纸的涂布。

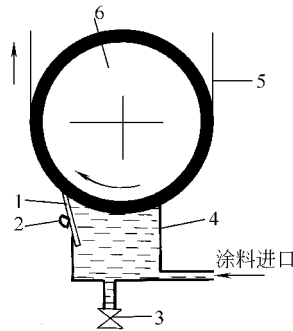


图 9-55 挠性刮刀涂布器

1—刮刀 2—加压软管 3—涂料排放阀  
4—涂料 5—纸幅 6—背辊

3. 倒置刮刀涂布器

构造如图 9-56 所示，纸幅由上料装置中的两个上料辊在涂料槽内将涂料先涂覆在纸页上，然后进入背辊和刮刀之间进行计量和刮平。这种涂布方法的缺点：①刮刀与上料段之间的滞留时间过长，其结果是产生纸页垂直延伸，从而形成连绵不断的条痕；②由于涂料的迁移而影响涂布质量，使得涂料黏度范围受到限制。这种涂布器最初用于机内涂布面包包装纸。但值得指出的是这种刮刀涂布器就是目前广泛采用的溢流接触式刮刀涂布器的前身。

4. 比尔刮刀涂布器

比尔刮刀涂布器的原理如图 9-57 所示，纸幅向下运行通过由一把柔韧刮刀和软橡胶背辊形成的涂料槽。背辊运行速度比纸页快 3%~5%。这个速差以及离开背辊时的牵引角能提供均匀上料并消除刮痕。

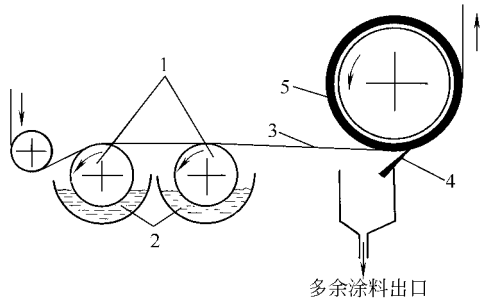


图 9-56 倒置刮刀涂布器

1—涂布辊 2—涂料槽 3—纸幅 4—刮刀 5—包胶背辊

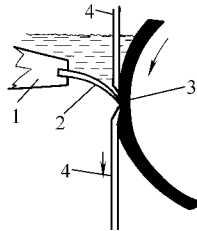


图 9-57 比尔刮刀涂布器

1—刮刀架 2—刮刀 3—包胶背辊 4—纸幅

比尔刮刀涂布器依据软刮刀原理进行操作，通过增加刮刀压力来增加涂布量，在涂布量高时也能确保很好的涂层全幅均匀性。涂料固含量 20%~65%，涂料黏度 1000mPa·s，原纸定量 35~350g/m<sup>2</sup>。涂布量 3~11g/m<sup>2</sup>，车速 200~1200m/min。刮刀使用寿命在 200m/min 车速时约 24h，调换刀片时间不超过 2min。比尔刮刀适宜于静电复印纸、无碳复写纸、防黏纸、涂料印刷纸、防潮、防气体渗透等的涂布加工。比尔刮刀还可进行纸页的单面涂布，如图 9-58 所示，以及另一种形式的双面涂布如图 9-59 所示。

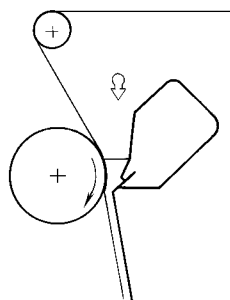


图 9-58 单面涂布形式的比尔刮刀涂布器

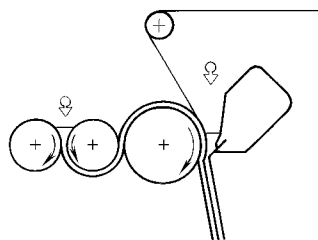


图 9-59 双面涂布形式的比尔刮刀涂布器

### 5. 双刮刀涂布器

构造如图 9-60 所示，纸幅同时在两面被两把挠性刮刀进行涂布，涂布从两侧的缝形涂料槽喷向垂直的纸页表面，随即就被相对的两把刮刀计量和刮平，多余的涂料返回涂料收集盘，过滤后循环再用。涂层可分别使用两种不同的涂料进行涂布。涂布刮刀的厚度约 0.1~0.2mm，小倾角硬刮刀。双刮刀涂布器对原纸的质量要求较高，原纸必须具有足够的强度承受两刮刀接触时往上移动的线压力。该涂布对干燥设备有一定的要求，因为从垂直状态涂布后的纸幅表面处于湿润状态不能直接转变方向进入烘缸，而需进入无接触式的热风干燥器。

### 6. 双流涂布器

构造如图 9-61 所示，主要组成部分是喷嘴式上料装置，刮刀计量装置，背辊和涂料收

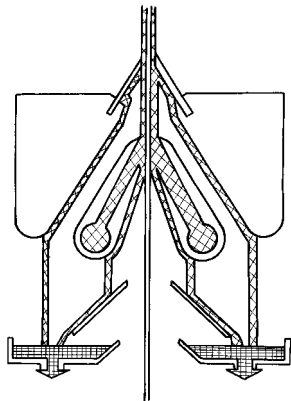


图 9-60 双刮刀涂布器

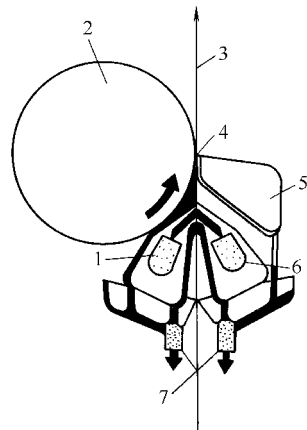


图 9-61 双流涂布器

1—上料器 2—背辊 3—纸幅 4—刮刀  
5—刮刀架 6—上料器 7—回流盘

集盘。涂料由纸幅两侧的喷嘴式上料器涂覆于纸面，上料量主要由流送泵、喷嘴式上料器与纸幅的夹角和距离大小来控制，这是一种短驻留形式的涂布，过量的涂料溢流返回涂料收集盘。涂后的纸幅由刮刀或计量棒进行计量和整饰，但必须注意的是在相同涂料情况下，靠近背辊一侧的纸面涂布量会稍高于刮刀一侧的纸面涂布量，因此要达到两面涂布量一致的话，需使用两种不同浓度的涂料，靠背辊一侧的涂料固含量低一些，所以涂料循环系统也需单独分开。该涂布器适用于杂志纸、书写纸、印刷纸、无碳复写纸、发票纸、包装纸和纸板的涂布，车速  $70\sim 1200\text{m/min}$ ，定量  $30\sim 400\text{g/m}^2$ ，最高涂布量可达每面  $10\sim 14\text{g/m}^2$ 。

### 7. 溢流接触式刮刀涂布器

构造如图 9-62 所示，这是目前世界造纸业使用最为广泛的涂布装置之一。在充满溢流的涂料盘内，包覆有橡胶的上料辊将涂料覆盖在表面，在与纸幅和背辊运行的相同方向旋转，同时将涂料转移至纸面上。上料辊与背辊之间的间隙一般为  $0.44\text{mm} + \text{纸页厚度}$ 。纸幅位于上料辊与背辊接触点的中间，该点充满涂料。由楔状的线压力及剪切逐渐增加的曲线结构可消除涂料中的气泡以及防止脉动涂布的效果。然后纸幅上的涂料可经过软刮刀或硬刮刀以及计量棒的计量和整饰，刮下的涂料与涂料盘内溢流的涂料一起返回涂料循环系统。

溢流式刮刀涂布器适宜于低定量涂布纸、美术印刷纸、折叠箱纸板以及特种纸的涂布。涂布量  $0.3\sim 30\text{g/m}^2$ ，刮刀厚度  $0.25\sim 0.5\text{mm}$ ，硬刮刀倾角范围  $20^\circ\sim 55^\circ$ 。背辊硬度 75P&J，上料辊硬度 25 P&J，车速  $200\sim 1300\text{m/min}$ ，上料辊速度为  $70\%\sim 90\%$  的纸页速度。该涂布器可根据不同原纸品种及质量要求交换使用硬刮刀涂布或软刮刀涂布（图 9-62）。

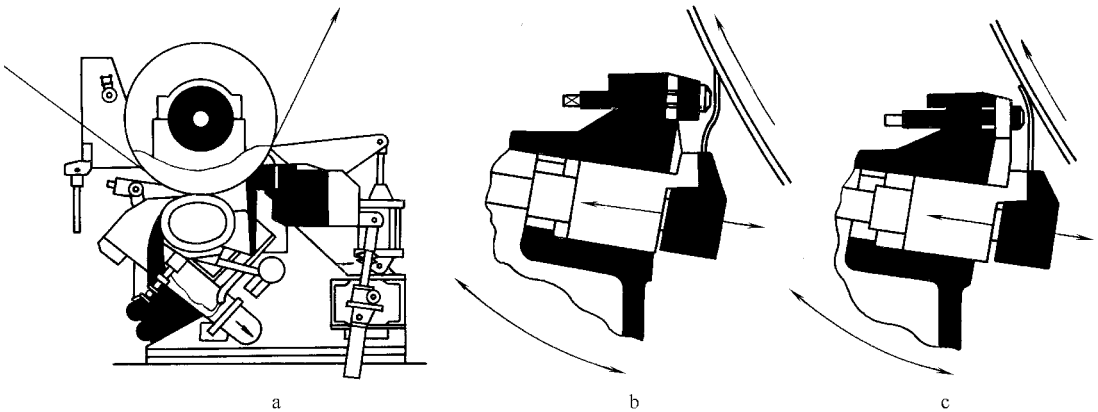


图 9-62 溢流接触式刮刀涂布器 a~c

### 8. 喷射式刮刀涂布器

构造如图 9-63 所示，这种涂布器属于短驻留涂布器，即纸幅上的涂料上料与计量之间的距离相当短，有效地限制了湿涂料对纸页的渗透程度。上料系统为一喷射式的结构，紧靠刮刀架与背辊位置。该涂布器尤其适宜于 LWC 纸的涂布，有时也可作为纸板的预涂布。

#### （三）刮刀涂布器的主要部件

##### 1. 刮刀涂布机的上料系统

（1）辊式上料系统。如图 9-64 所示，常见的辊式上料系统有三种形式。图 9-64a 为低液位上料辊结构，通常涂料盘

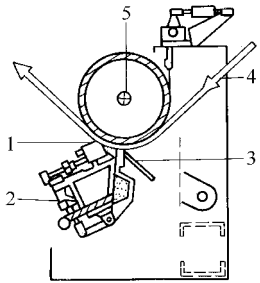


图 9-63 喷射式刮刀涂布器

1—刮刀 2—刮刀架 3—涂料喷射室  
4—纸幅 5—背辊

内的液位低于上料辊的中心轴线，主要问题是高速涂布时会产生涂料飞溅问题。图 9-64b 为溢流式上料辊结构，图 9-64c 为门辊式上料结构。

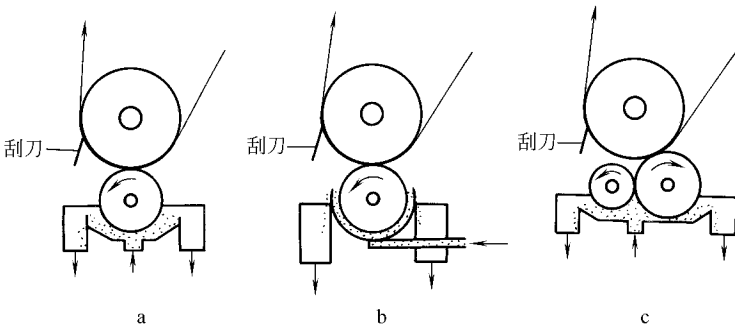


图 9-64 辊式上料系统的三种形式

(2) 涌泉式上料系统。构造如图 9-65 所示，涂料从一条长缝的喷嘴如泉水喷涌似的喷到纸页上，可以比较精确地控制涂料的宽度，涌料器可以抬向纸页或升高至预先设定的间隙。

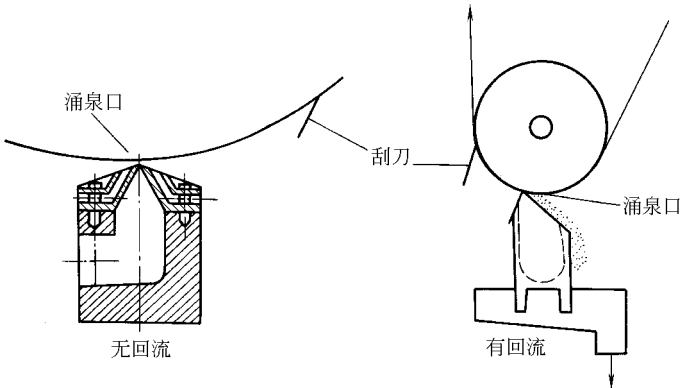


图 9-65 涌泉式上料系统

(3) 喷嘴式上料系统。构造如图 9-66 所示，涂料通过缝式喷嘴直接喷向平整辊与背辊间隙之间的纸幅上，这种设计概念比较新颖，有时可用于比较特殊的涂布纸生产。

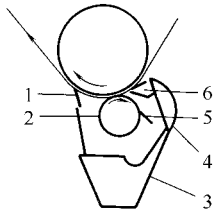


图 9-66 喷嘴式上料系统

1—刮刀 2—整饰辊 3—回流盘  
4—挡板 5—清洁刮板 6—涂料喷嘴

## 2. 涂布刮刀

涂布刮刀分为软刮刀（又称无倾角刮刀）和硬刮刀（又称倾角刮刀）。这两类刮刀的厚度范围为 0.25～0.63mm，宽度范围为 70～105mm，长度随各类涂布机的宽度而定。刮刀的结构和外形如图 9-67 所示。(1) 是软刮刀，倾角为 90°，涂布过程中，刮刀与背辊基本上成切线或形成很小的角度。(2) 是硬刮刀，这是经常使用的一种刮刀，需注意的是刀片顶端的宽度  $b$ ，其值通常为 0.05～0.10mm，该宽度有助于降低磨损周期。(3) 为硬刮刀，刀身厚度为 0.40～0.60mm 时使用，其优点为磨损过程中接触表面不发生变化，不足之处是接触表面积较小、易磨损。(4) 也是硬刮刀，优点是两端均可使用，能降低成本。(5) 为硬刮刀，当工作角度较小，在 5°～15°左右时可以降低磨损。

涂布刮刀的材料是高碳钢,按美国钢铁标准 AISI1095,其基本成分为含碳量 0.90%~1.03%,含镁量 0.30%~0.50%,含磷量 ≤0.04%,含硫量 ≤0.05%。刮刀的质量指标为:硬度 48~52 洛氏硬度;尺寸偏差范围,垂直度 390μm,厚度 13μm,宽度 25μm,平行度 50μm。陶瓷刮刀也越来越多地用来做涂布刮刀,并且,可获得很好的应用效果。

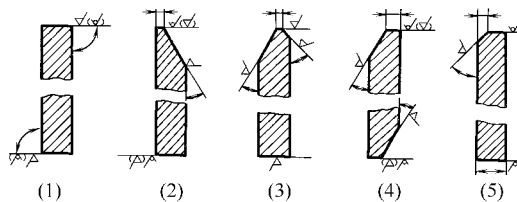


图 9-67 涂布刮刀的结构和形状

#### (四) 影响刮刀涂布器涂布量的因素

图 9-68 显示了影响刮刀涂布机涂布量大小的各种因素曲线。其中 (1) 为刮刀长度对涂布量的影响曲线。(2) 为涂料黏度对涂布量的影响曲线。(3) 为刮刀厚度对涂布量的影响曲线。(4) 为涂布机车速对涂布量的影响曲线。(5) 为刮刀压力对涂布量的影响曲线。(6) 为硬刮刀倾角对硬刮刀涂布量的影响曲线。(7) 为背辊半径大小对软刮刀涂布量的影响。(8) 为刮刀工作角度对软刮刀涂布量的影响曲线。(9) 为软刮刀的宽度对软刮刀涂布量的影响曲线。

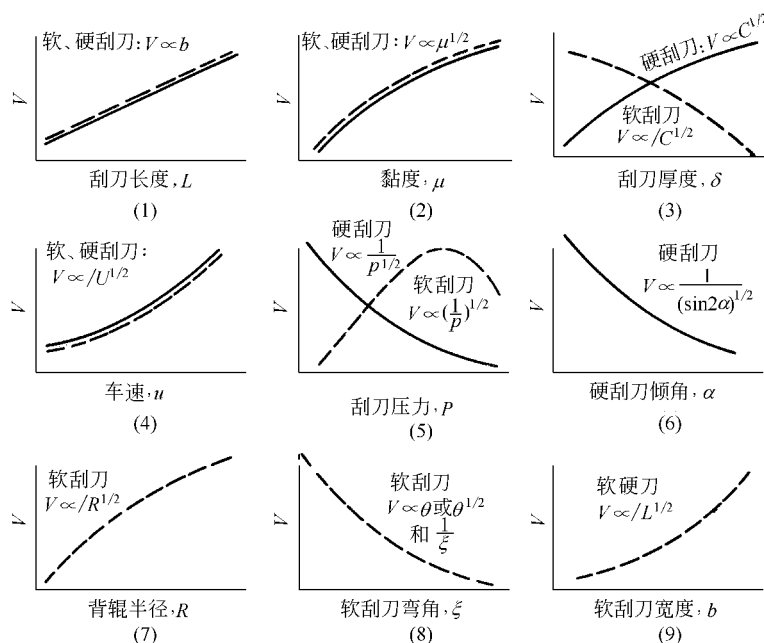


图 9-68 影响刮刀涂布机涂布量大小的的各种因素曲线

注:图中实线表示硬刮刀涂布,虚线表示软刮刀涂布。

刮刀涂布机的涂布量计算公式如下:

$$V_{\text{硬}} = \frac{2}{3} L \sqrt{\frac{\mu \delta u^3}{P \sin 2\alpha}} \quad (9-2)$$

$$V_{\text{软}} = \frac{2}{3} L \sqrt{\frac{\mu u^3 R \theta}{P}} \text{ 或 } V_{\text{软}} = \frac{2\sqrt{2}}{3} L R \theta \sqrt{\frac{\mu h^3 u^3}{E \delta^3 \delta}} \quad (9-3)$$

式中  $V$  ——单位时间内的涂料体积,  $\text{in}^3/\text{min}$

$L$  ——刮刀长度,  $\text{in}$

$\delta$  ——刮刀厚度,  $\text{in}$

$\alpha$  ——硬刮刀倾角, in

$\mu$  ——涂料黏度,  $\text{mPa} \cdot \text{s}$

$R$  ——背辊半径, in

$P$  ——刮刀加压负荷,  $\text{lb/in}$

$u$  ——纸幅和背辊表面的运行速度,  $\text{ft/min}$

$\theta$  ——软刮刀与背辊接触的表面弧度,  $(^\circ)$

$h$  ——刮刀高度, 从刮刀夹紧器底座至顶端的距离, in

$E$  ——杨氏弹性模量,  $\text{lb/in}^2$

$\delta$  ——软刮刀顶端的偏斜距离, in

(注:  $1\text{in}=25.4\text{mm}$ ,  $1\text{lb}=4.4\text{N}$ ,  $1\text{ft}=0.3048\text{m}$ )

### (五) 刮刀涂布器的最新发展

#### 1. Opti Blade 涂布器和 Opticoat Jet 涂布器

20 世纪 90 年代末, 高速涂布技术跃入了一个崭新的阶段, 芬兰 Valmet 公司开发研制的 Opti Coat Jet 涂布机 (如图 9-69 所示) 和 Opti Blade 涂布机 (如图 9-70 所示), 代表了现代涂布工艺和技术上的革新创意。这类涂布机的运行比其他同类机型更加高速和清洁, 在常规条件下运行速度高达  $2000\text{m/min}$ , 并可获得优异的涂布质量。

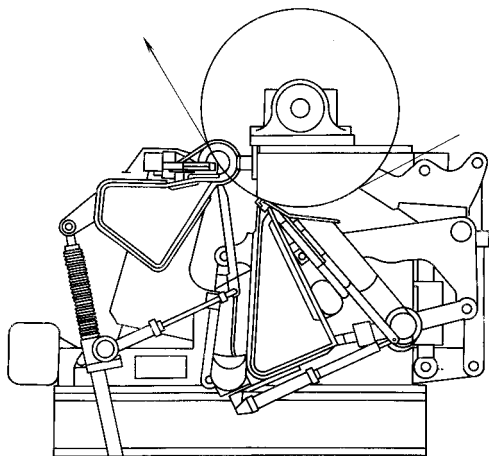


图 9-69 Opti Coat Jet 涂布机

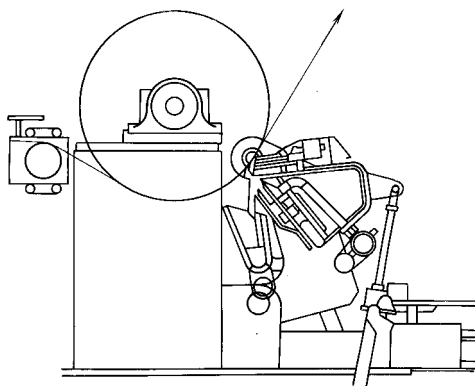


图 9-70 Opti Blade 涂布机

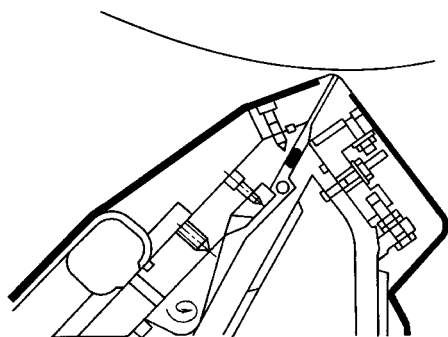


图 9-71 Opti Coat Jet 涂布机喷嘴结构

Opti Coat Jet 涂布机具有独特喷嘴设计, 如图 9-71 所示, 由于精密的喷嘴微调系统, 保证了上料的一致性, 避免了漏涂和溅射, 为纸幅的表面带来了均匀的涂料效果, 并完全消除了条纹, 涂布量范围  $4\sim 20\text{g/m}^2$ 。

Opti Blade 涂布机以其专利技术密封刀为特点, 有效地控制了上料部分的涂料涡流, 避免了由常规短驻留涂布机的开放式回流设计所导致的缺陷, 并使车速提高、断头次数减少。密封刀结构见图 9-72。密封刀在运行中起到了上料密封作用, 并带有上料控制和预计量的功能。

涂料腔内的一部分涂料通过密封刀的刀孔进入涂料循环系统, 而另一部分涂料则经密封刀的刀尖回到涂料腔。密封刀防止了涂料的涡流, 使涂料和纸幅的交界变得挺直, 并将上料腔和纸幅的接触距离限制在 15mm 左右, 这一点是开放式短驻留涂布器所无法做到的。

## 2. 组合刮刀涂布器

近几年来, 涂布质量要求越来越高, 车速越来越快, 还必须满足不同的纸种, 使刮刀涂布器在造纸工业中得到广泛应用。德国的 VOITH 公司根据这些要求研制出组合刮刀涂布器, 目前已用于幅宽 8m, 车速 1500m/min 的各类涂布机上。

### 1) 组合刮刀涂布器的基本组成

在该涂布器中, 纸幅绕过背辊, 各种上料及涂布装置布置在背辊周围, 如图 9-73 所示。

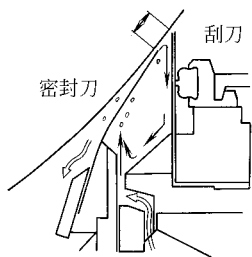


图 9-72 Opti Blade 涂布机密封刀结构

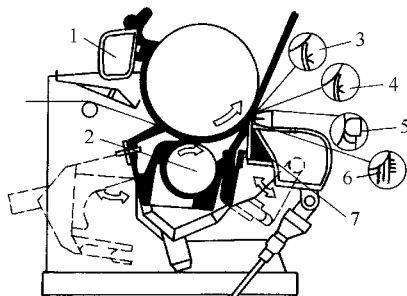


图 9-73 组合刮刀涂布器

- 1—背涂装置 2—辊式上料装置 3—硬刮刀 4—软刮刀  
5—挠性刮棒 6—预计量二次刮刀 7—喷注式上料装置

上料系统由喷注式上料和辊式上料, 涂布系统由硬刮刀、软刮刀、挠性刮棒、预计量二次刮刀、背涂装置等组成。能同时进行双面涂布。

背涂装置设在涂布器背辊的上方, 能将涂料或胶料直接涂在背辊上, 然后转移到纸的背面。

组合刮刀涂布器的这些特点, 使得它能根据需要任意组合, 因此可以适应市场的不断变化, 满足多种涂布纸的需要。

### 2) 主要部件

(1) 上料系统。上料系统有两种形式, 即喷注式上料和辊式上料。喷注式上料的组合刮刀涂布器, 涂料借助一个喷嘴, 直接在刮刀之前将涂料上涂到纸页上, 上料处距计量点之间的距离极短, 也被称为短滞留上料涂布器。辊式上料的组合刮刀涂布器, 涂料在料槽中被上料辊涂向纸页, 随后计量系统刮去多余的涂料, 由于上料处距计量点之间的距离较远, 涂料计量前停留在纸页上的时间较长, 故也被称为长滞留上料涂布器。

长滞留刮刀有两个压区, 即一个是由上料辊压区的流体压力所产生, 压力数值为 0.1~0.3MPa, 另一个则由刀刃下的流体所产生, 压力数值为 1.0~2.0MPa, 在工作速度为 1200m/min 的状态下, 长滞留刮刀的上料时间为  $1.5 \times 10^{-3}$  s, 上料后到刮刀刃之间的运行时间即滞留时间为  $3 \times 10^{-3}$  s。短滞留刮刀喷嘴上料区形成的压力很小, 压力数值约为 5~10kPa, 实际上, 仅存在一个压区, 即刀刃下的流体所产生, 数值同上, 而喷注式上料后到刀刃之间纸页的运行时间极短, 仅为  $1.5 \times 10^{-3}$  s, 同长滞留刮刀相比减少了  $3 \times 10^{-3}$  s, 要短得多。

在刮刀作用下的涂料聚积状态, 长滞留刮刀系统由于涂料计量前在纸幅表面停留时间



长，涂料中水分在纸页纤维毛细管作用下，会较多地向纸幅纤维中渗透，这样在涂层中会出现一个固含量较湿涂层高的坚硬涂层；而短滞留刮刀系统由于涂料计量前在纸幅表面停留时间短，涂料中水分向纸幅纤维中渗透量较小，形成的坚固涂层不如长滞留刮刀厚。这样，在长滞留刮刀情况下，实际上存在双层涂层，即湿涂层和毛细管作用下形成的坚固涂层。刮刀刮平表面形成的湿涂层，在湿涂层下又形成了一个具有预涂布功能的坚固涂层，因此，长滞留刮刀能在粗糙的纸页表面产生良好的涂层，而短滞留刮刀仅有湿涂层，这就是长滞留刮刀主要用于涂布量较高的情况，而短滞留刮刀仅用于涂布量较低的情况的根本原因所在。同长滞留刮刀相比，短滞留刮刀对原纸定量低的薄纸涂布更有意义，因为水分向纸幅纤维渗透少，这样，纸页强度较高，断头机会减少。

图 9-74 显示的是短滞留刮刀上料装置。短滞留刮刀包括一个喷注式上料器，该上料器和刮刀梁组成一个整体，一个特殊的涂料供给系统将涂料送到上料室，再从上料室被送到开缝喷嘴，然后通过喷嘴涂向处于挡板和刮刀之间的纸幅，溢液涂料被回料槽收集并回用。

在操作过程中，通过一个机构，可以调节溢流间隙，并能通过仪表显示出来，在检查和清洗上料室时，可通过气动系统方便地打开前板。

短滞留刮刀系统的涂料流动情况一直是研究的难点，现在新型的短滞留刮刀装置可通过有机玻璃观察到上料室里涂料的流动情况。

由于涂料在纸幅表面絮聚，上料室内产生一种具有较多形式的涂料涡流，从断面观察，这种涡流又由许多单个涡流组成，涡流使得刮刀刮下来的涂料可以和新鲜涂料进行混合处理，并收集其中心的气泡。在涂料边界层厚  $2\sim 3\text{mm}$  的区域，无气泡产生，且涂料速度接近纸幅运行速度，对上料极为有利。

如图 9-75 所示，长滞留刮刀为辊式上料形式，涂料通过与短滞留刮刀相同的特殊涂料供给系统经涂料槽由上料辊涂向纸幅。

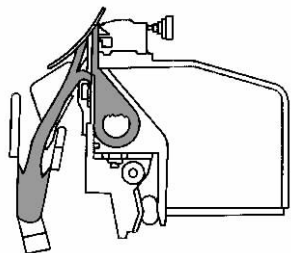


图 9-74 短滞留刮刀上料装置

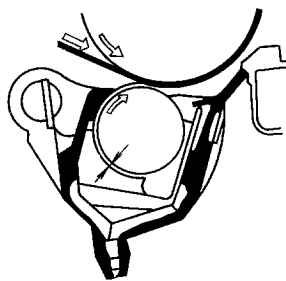


图 9-75 长滞留刮刀上料装置

在长滞留刮刀系统中，决定涂料液面高低的溢流板是可调的，这样可以获得需要的涂布量和涂布效果，此外，上料辊和料槽底壁的距离  $S$  也是很重要的，将间距调至合适的位置，可以避免涂料槽里涂料的紊流扰动，同时防止纸幅的涂布不均匀。涂料黏度越低，纸幅速度越快，则间距应越小，这些都可通过调节机构予以调整。

(2) 预计量二次刮刀装置。随着涂布机速度的不断提高，在一定的条件下，长滞留刮刀的问题不断出现，特别是当速度为  $600\text{m}/\text{min}$  以上时，辊压区出口起初还很均匀的涂层，因受离心力的影响，使涂层破裂和涂层脱落导致涂层不均匀，且速度越快情况越加剧。针对这些问题，研制出了预计量元件即所谓的预计量二次刮刀装置，如图 9-76 所示。从上料辊处出来的不均匀涂层，在刮刀前由一块类似刮刀的挡板挡住，通过调整其空隙来调整预计量涂

料的量，并在仪表上显示间隙大小。

在预计量挡板与刮刀片之间形成的腔体，能使涂料在内形成涡流，这种涡流同样可以将不均匀的涂料搅匀，这样可以避免涂布过程中产生的条纹。由于预计量挡板与纸幅是非接触性的，它与纸幅之间的距离最少是 2mm，仅作为一个阻挡元件，这样纸幅通过这个系统时没增加任何额外负荷，也不会因此产生任何条纹，而且此装置安装在刮刀梁上，不需要增加新的机构。

目前这种预计量装置已做成可移动机构，需要时平行移至上面，纸幅通过预计量，不需要则可移下，长滞留刮刀系统恢复原功能，从而扩大了使用范围。

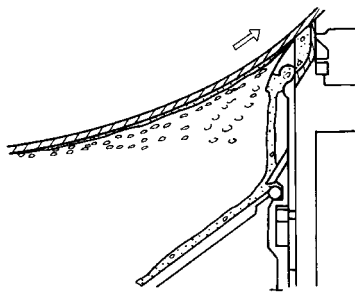


图 9-76 预计量二次刮刀装置

(3) 刮平系统。刮平系统包括硬刮刀、软刮刀、挠性刮棒。硬刮刀和软刮刀的主要区别在于刮刀刀刃与背辊切线的夹角  $\alpha$ ， $20^\circ < \alpha < 45^\circ$  时为硬刮刀， $0^\circ < \alpha < 20^\circ$  时为软刮刀。它们均为钢制，厚度和斜角各有不同，如果使用硬刮刀时，研磨过的斜角应平行于纸幅表面，而使用软刮刀时，则对斜角没有大的要求，因为刮刀是以其背面来接触纸幅的，挠性刮棒与纸幅运行方向有一个相反的旋转棒，安装在有较高耐磨性的聚氨酯棒座内，用旋转的棒进行计量。

刮平系统具有下述工艺特性：在硬刮刀状况下，流体压力区相对要小些，因为刮刀的斜角小，湿涂区的流体支撑能力不大，以致这个狭窄的区域不可能产生一个刮刀荷载力的反作用力，结果导致在高固含量涂布区，刀刃呈部分滑动现象。与此相对照，软刮刀的流体压力区相对宽一些，流体支撑能力也要充分一些，这样，即可产生一个密封的较厚的湿涂层，在这种情况下，涂布质量要好得多，并且根除了条痕现象。

### 3) 应用

总的来说，硬刮刀用于轻定量涂布，涂布量每面为  $4 \sim 10 \text{g/m}^2$ ，个别情况下，能达到  $15 \text{g/m}^2$ 。软刮刀适用于高定量涂布，在一定的条件下，最高达  $20 \text{g/m}^2$ ，同硬刮刀相比，软刮刀产生条痕极少，因为刮刀角度小，颗粒和纤维极难在刮刀前沉积。挠性刮棒适合于涂布量适中的纸张，涂布量为  $6 \sim 13 \text{g/m}^2$ ，其特点是操作简单，特别是根本不会产生条纹，常用于纸板涂布和无碳复写纸涂布。

## 四、其他涂布器

### (一) 刀式涂布器

刀式涂布器结构简单，操作方便。纸页从刮刀下面拖曳过去，在刀背面一侧的纸页上聚集着过量的涂料。刮刀允许纸页带着一定量的涂料从刀顶端的下面通过，而涂布的上料量是依据下列条件而决定：①纸页速度；②纸页的孔隙性；③刮刀的形状和刚度；④刮刀角度；⑤刮刀对纸页的压力；⑥涂料的流变性。

刀式涂布器与刮刀涂布器采用的同样是一种高剪切的涂布方式，剪切的范围在  $100 \sim 10000 \text{s}^{-1}$ ，涂料在给定的速度下通过一个非常小的间隙，即使短暂的瞬间其剪切力也相当高。涂料黏度范围  $5000 \sim 50000 \text{Pa} \cdot \text{s}$ ，适宜于特种纸的涂布。刀式涂布器的涂布速度在  $3 \sim 100 \text{m/min}$ ，各种不同刀形的设计如图 9-77 所示。三种普通的刀式涂布器结构见图 9-78。

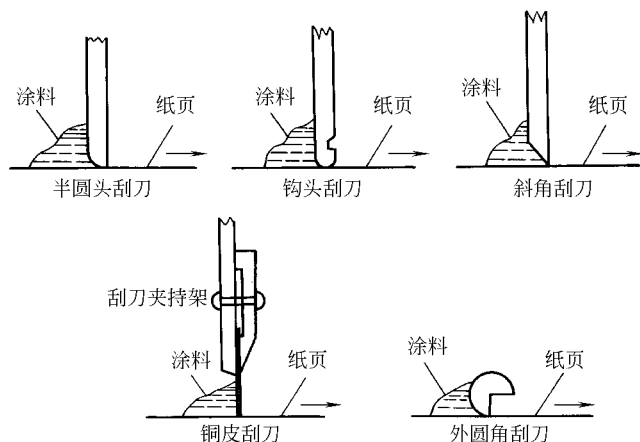


图 9-77 刀式涂布器的各种刮刀设计

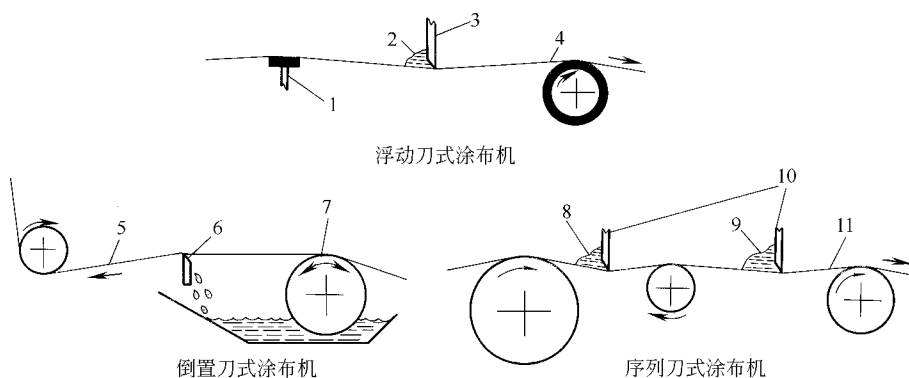


图 9-78 三种常见的刀式涂布器结构

1—支撑棒 2、8、9—涂料 3、6、10—刮刀 4、5、11—纸幅 7—上料辊

## (二) 高光泽涂布机

高光泽涂布，又称铸涂，是给予纸页或纸板表面镜面光泽的一种涂布工艺。铸涂机的速度较慢，一般在  $30 \sim 90 \text{m/min}$ 。镀铬烘缸直径一般为  $2 \sim 4.5 \text{m}$ 。铸涂生产工艺比较复杂，涂料配方，镀铬烘缸表面状况对铸涂纸的质量影响较大，涂布量一般为  $15 \sim 40 \text{g/m}^2$ ，烘缸表面温度不高于  $100^\circ\text{C}$ 。铸涂设备按照工艺要求，一般有以下四种。

### 1. 湿法铸涂

湿法铸涂是在纸页表面涂以颜料—胶料混合物。在涂料还潮湿时就与高度抛光的镀铬干燥烘缸接触。涂料被烘干成高光泽而松厚度比普通的涂布要大一些的涂层。湿法铸涂的涂布过程如图 9-79 所示。

### 2. 成膜法铸涂

与湿法铸涂不同的是成膜法铸涂，先将涂料直接涂覆在光泽烘缸表面，干燥后转移至纸页表面。

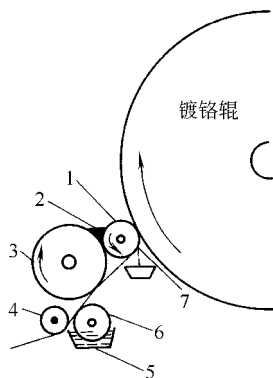


图 9-79 湿法铸涂

1—压辊 2—水堰 3—衬辊 4—漂移辊  
5—涂料盘 6—上料辊 7—涂料

转移之前，纸页表面也需经胶粘剂处理，以保证铸涂膜层与原纸能紧密结合。成膜法铸涂过程如图 9-80 所示。涂料成分一般是颜料 80%，胶粘剂 20%，烘缸温度 83~95℃。该法适用于纸板铸涂。成膜法铸涂的优点是：①提高了涂层干燥效率；②由于防止了涂料对纸页的渗透，因此涂料的使用率提高；③涂层厚度均匀；④减少了由于原纸斑点所引起的相关涂布问题；⑤改善了涂层柔韧性和抗弯特性；⑥改善了印刷适应性和油墨均匀性；⑦原纸适用范围提高，如增水性的沥青纸等。

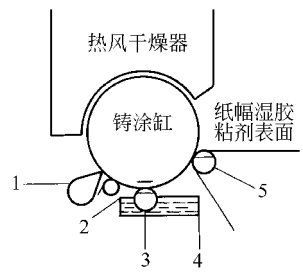


图 9-80 成膜法铸涂  
1—气刀 2—刮刀 3—上料辊  
4—涂料盘 5—压辊

### 3. 凝胶化铸涂

该方法通常先由气刀进行涂布，然后将涂布后的纸页通过一只酸液池处理，使涂料与其发生化学反应而凝胶化，最后进入光泽烘缸，在高线压下使纸页表面涂层产生出镜面光泽。此法亦称酸胶化铸涂，其流程图如 9-81 所示。另一种热凝胶化铸涂流程见图 9-82。两者不

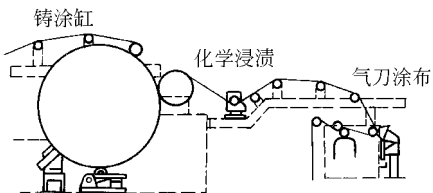


图 9-81 凝胶化铸涂

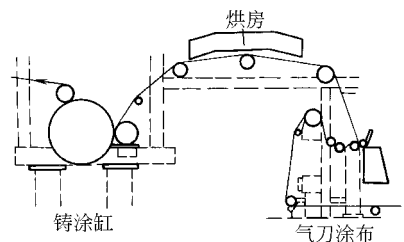


图 9-82 热凝胶化铸涂

同之处仅是酸化处理池改成红外干燥器而已。

### 4. 超级压光纸的高光泽化处理

该方法见图 9-83 所示。处理步骤如下：①纸页的颜料涂布和干燥用常规方法进行；②涂布后的纸页经超级压光机压光使得涂料层紧密；③超级压光处理后的涂布纸表面经水或含少量剥离剂的液体湿润后进入光泽烘缸；④湿润后的涂布纸与光泽缸的表面紧密接触并被干燥。

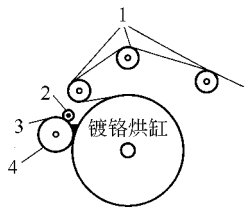


图 9-83 超级压光纸的高光泽化处理  
1—牵引辊 2—导引辊 3—纸幅 4—压辊

## 第四节 干燥器

### 一、涂布纸的干燥

#### (一) 干燥的基本原理

涂布纸的干燥与纸机纸页的干燥一样，是一个传热和传质过程，涂布纸的干燥目的是：除去涂层中的水分，形成涂层强度，形成涂层与原纸之间的牢固结合强度，使涂层发生一定的化学和物理变化，使涂层具有较好的适印性和光学效果。

在涂布纸干燥时，涂层和原纸同时发生能量和质量的转移，原纸从涂层中吸收水分、胶

粘剂和某些助剂，而使涂层的结构和物理化学性质发生变化，这些变化对涂布纸的适印性都将产生影响，因此必须进行认真的研究。

在干燥开始时，蒸发作用发生在涂层的表面上，由于蒸气分压差的出现，蒸发作用就向涂层内部转移，当它穿过涂料的边界层时，因涂层表面上的毛细管压差和蒸汽压差的作用，介质就从涂层和纸幅的内部向涂层表面迁移，最后被蒸发掉，这一过程称为“表面干燥过程”。

随着干燥过程的进行，蒸发区就逐渐向涂层和原纸内部扩展；与此同时，介质连续不断地向蒸发区移动，并且在涂层和原纸中向外扩散，最后脱离了边界层；同时，热量通过边界层向涂层和原纸内部传递。整个过程一直进行到没有更多的游离蒸汽从涂层和原纸内上升到表面，并蒸发到空气中为止。当原纸和涂层中的水分降低到某一限度时，水分的蒸发就变成了不连续的状态，而蒸发作用只发生在某些部位，在这个过程中，因水分的扩散是发生在内部，因此这一干燥过程又被称为“内部干燥过程”。

表面干燥与内部干燥结合就是涂布干燥的全过程，这与抄纸的干燥过程类似，在这整个干燥过程进行的速度称为涂布纸的干燥速率。影响涂布干燥速率的因素有很多，如原纸的性质、涂料的性质、涂料中各种组分的水化程度、涂层厚度和干燥温度等，根据不同条件，合理确定干燥速率，对干燥部分的设计和管理都是很重要的。

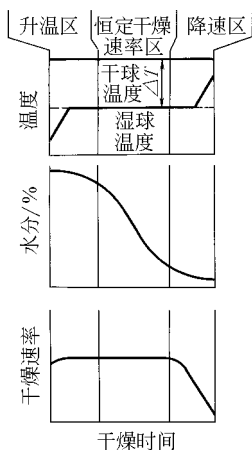


图 9-84 干燥速率的三个阶段

会危及纸的产品质量。

## (二) 涂料的迁移

在干燥过程中，有一个现象必须注意，即涂料的迁移的问题。过去人们在印刷涂布纸时，会在涂布面上发现一些像“铁路轨迹”的印刷现象，产生这种现象的原因是涂料的某些组分在干燥过程中，由于较高的干燥温度和一部分液体被原纸所吸收而破坏了原来稳定的涂料，如高的干燥温度，它使涂料的黏度发生急剧下降，加速了液体向原纸内部渗透的速度，一些不溶于水的组分就会游离出来，某些乳液会发生破乳，使之与水不相容的成分游离出来，从而发生迁移。此外还有一些目前不清楚的化学和物理现象发生都引起涂料的迁移，所以涂料迁移现象是很复杂的。一般说来，在涂布和干燥过程中，涂料中各组分在涂层中会存在 Z 向和水平方面的迁移的。如合成胶乳趋向于涂层的表面移动，而水溶性流体向原纸方向移动，这就形成了 Z 向迁移；由于涂层的同一平面各点的密度和组分不一致，如颜料之

涂布纸的干燥速率可分成三个阶段，如图 9-84 所示。预热阶段，为加速干燥速率曲线部分，输入的能量主要是为了加热原纸、涂料和附带的水分到明显蒸发的温度点。通常发生明显蒸发时的表面湿球温度是  $72^{\circ}\text{C}$ 。恒定蒸发阶段，为恒定干燥速率曲线部分，它是干燥的主要阶段。输入的热能主要是使加热的原纸，涂料和附带的水分蒸发。由于水分的蒸发和冷却作用，纸页的温度保持恒定。这温度大小，取决于不同的纸种。通常进入干燥系统的涂布纸水分越低，由于水分蒸发时吸收的汽化潜热相应减小而使干燥时纸页的温度越高，一般范围是  $80\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。降速阶段，是降速干燥速率曲线部分，这时的涂布纸已达到一定的干度，进一步除去水分的阻力增大，输入的能量除进一步提高纸的干度外，同时也使纸页的温度继续升高，这时必须控制合适的能量输入，因为纸页温度的过分升高

间有间距, 因此其阻力就不一样, 另外, 涂层表面也是不平整的, 因而一些组分在水平流动时就会形成“铁路轨迹”这种纸病。

在干燥过程中存在这种涂料组分迁移的现象, 是一个十分复杂的现象, 由于涂料的组分十分复杂研究起来是十分困难的, 并且在干燥区的时间也很短, 涂层也非常薄。因为涂料迁移对涂布纸的质量, 尤其是适印性和印刷质量的影响很大, 因此在这方面的研究工作仍作为当今涂布纸的一个主攻方向, 因为, 若涂料在干燥过程中的机理不清楚的话, 要想在涂料配方进行调整和开发出更新、更有效的化学药品是十分困难的, 因为这种开发研究是盲目的, 无理论根据的, 即使在某一配方中加入某种化学品的确可以解决一些质量问题, 但由于机理不清楚, 因此它不会具备普遍性, 难以适用于所有配方。

还有一种由于涂料迁移而产生的“烘缸痕”现象, 它是高速热风干燥器特有的现象, 是由于涂料在高速热风干燥时产生的不规则迁移, 在高速热风干燥过程中, 为了保持纸与烘缸紧密接触, 如图 9-85 所示, 而出现不规则的贴缸现象。

从图中可以看出, 由于涂料中的水分渗透到纸页内, 使纸的横向伸长, 而且在运行方向上(纵向)受到张力, 而使纸形成波纹状, 波谷与烘缸面接触, 而波峰不与烘缸接触, 当干燥时, 显然, 与烘缸接触的波谷温度高易干燥, 因此此处的迁移情况比波峰要严重, 从而形成了不规则的迁移, 这在干燥过程是难以发现的, 但在使用深色油墨印刷时, 由迁移引起的吸墨不匀, 就比较清楚了, 它引起印刷光泽度不同, 在波谷光泽度高, 波峰光泽弱, 这种形成的“筋”间隔约 20~50mm 排列, 是比较容易判断的, 为了避免产生这种现象, 可降低烘缸的表面温度, 如高速热风干燥时烘缸内不通蒸汽, 或仅通入压力极低的蒸汽。

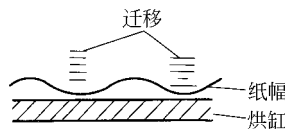


图 9-85 烘缸缸痕产生的原因示意图

在干燥过程是难以发现的, 但在使用深色油墨印刷时, 由迁移引起的吸墨不匀, 就比较清楚了, 它引起印刷光泽度不同, 在波谷光泽度高, 波峰光泽弱, 这种形成的“筋”间隔约 20~50mm 排列, 是比较容易判断的, 为了避免产生这种现象, 可降低烘缸的表面温度, 如高速热风干燥时烘缸内不通蒸汽, 或仅通入压力极低的蒸汽。

### (三) 干燥速率的确定

干燥速率是指每平方米干燥面积上, 每小时蒸发的水量, 以  $\text{kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  表示。对颜料涂布纸来说, 用低黏度、低固含量的涂料涂布时, 其干燥速率不超过  $24.4 \text{ kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ; 而用高固含量的涂料涂布时, 在某些情况下, 其干燥速率可超过  $48.8 \text{ kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , 但这要根据具体条件而定。涂布纸的干燥, 以  $100^\circ\text{C}$  为界分为低温干燥和高温干燥。在  $100^\circ\text{C}$  以下的低温干燥, 对涂面纸的强度、干燥后纸的压光效果及干燥的均匀性等都有好处, 但这样干燥的时间长, 干燥设备庞大, 显然干燥速率比较低; 而在  $100^\circ\text{C}$  以上的高温干燥, 尽管干燥时间短, 设备紧凑, 可减少厂房的占地面积和投资, 干燥速率高等, 但涂层强度很低, 干燥不匀而使纸产生翘曲和打折现象, 从而影响涂布纸的质量。所以, 在实践中可用下式先确定干燥速率后, 再计算出干燥器的长度; 也可以先确定干燥器的长度, 再计算干燥速率, 即:

$$E = \frac{w_z}{bL} [\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})] \quad (9-4)$$

式中  $E$  ——干燥速率,  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

$b$  ——纸幅的宽度,  $\text{m}$

$L$  ——干燥器的长度,  $\text{m}$

$w_z$  ——干燥器排走的水分,  $\text{kg}/\text{h}$ , 即通过干燥器的涂料和纸幅的总含水量与残留在涂布纸中的水分的差值

目前机外涂布(专机涂布除铸涂外)可以采用桥式干燥器、烘缸干燥器、气垫干燥器和红外干燥器等, 这意味着涂布纸的干燥不是单一的一个温度了, 而是一个干燥温度曲线, 先

是较低的温度，然后较高温度，再是较低的温度，这对涂布纸的干燥就十分有利，从而减少了高温干燥对涂布纸所造成的不利的影响，因此我们在分析干燥温度对涂布影响时，应充分注意干燥器的发展和涂布纸干燥理论的研究成果，从而选择最佳干燥工艺条件和设备，达到提高生产率和产品质量的目的。

#### （四）干燥器用空气的加热方法

可以用于加热空气的方法有：饱和蒸汽和过热蒸汽加热、煤气直接加热或间接加热、燃烧油类物质间接加热、电加热和红外线加热等。这些方法均是以空气为载热体，将空气加热后再将其用来干燥涂布纸，下面对几种常见的加热空气的方法进行介绍。

##### 1. 蒸汽加热

蒸汽加热一般是通过换热器进行的，用鼓风机把空气送入加热器中，空气就与加热器中通有蒸汽的列管换热器进行热交换，将空气加热到所需要的温度，再将热空气送入干燥器干燥涂布纸，由干燥器回收的空气再经热风机加热，但除了这个循环系统外，还必须吸入一部分外界空气，只排出一部分热风，循环空气与吸入外界空气的比例，因干燥条件不同而异，使用水溶性涂料时，一般是采用 5%~10% 比较合适；而在使用溶剂性涂料时，要充分注意循环空气中的溶剂浓度，降低到爆炸界限以下，有时必须采取 100% 排气。

加热空气可用饱和蒸汽，也可用过热蒸汽，由于饱和蒸汽的传热效率比过热蒸汽的传热效率高，所以一般多采用饱和蒸汽加热空气。

蒸汽加热空气具有加热比较简单、安全、操作方便和成本低等优点，但因蒸汽的温度低，有时无法使空气的温度达到实际需要的最高温度。

##### 2. 气体燃烧加热空气

近年来，由于气体燃烧加热空气的效果好和可燃气体的成本不断降低，故世界各国用气体燃烧的方法加热空气的越来越多，气体加热可分为：直接加热、间接加热。

在直接加热系统中，被加热的空气直接通过安装在加热箱内的气体燃烧器；间接加热系统，燃烧的气体则完全与被加热的空气隔绝。从经济、可靠和安全等方面考虑，现常用的燃烧气体有煤气、天然气、丁烷和丙烷等。它们的发热量是：煤气  $3 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ ，天然气  $3.7 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ ，丙烷  $9.3 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ ，丁烷  $11.8 \times 10^7 \text{ J/m}^3$ 。

一般的是使用天然气，因为使用天然气的效率较高而成本最低。

用气体燃烧来加热空气，最关键的设备是燃烧器，它的性能好坏，决定着燃烧气体的热效率和安全可靠性，故应合理地设计或选用。

上述两种加热空气的方法是最常用的，此外，还有如电加热和红外线干燥等方法，由于其成本较高，现在在颜料涂布纸的干燥中使用较少。

## 二、干燥器

涂布机的干燥器不仅仅是一个加热装置，虽然加热是它的主要功能，除此之外，它还必须能把产生的水蒸气排出干燥器。实现第二个功能与第一个功能是同等重要的，因为干燥本身就是一个传热和传质的过程。涂布纸干燥时，湿涂层的表面是一层空气、其他气体、水蒸气层，这一层既是热能传递进入纸内的障碍，也是产生的水蒸气逸散的障碍。干燥器设计很大部分考虑就是针对这个问题，即穿透这层障碍，并把产生的水蒸气带出，以提高干燥效率。

### (一) 烘缸干燥器

烘缸干燥是以蒸汽传导方式传热，空气对流方式传质的过程。烘缸又称接触式干燥器或传导式干燥器。图 9-86 所示为普通烘缸干燥器，图 9-87 为热风气罩式杨克烘缸干燥器。

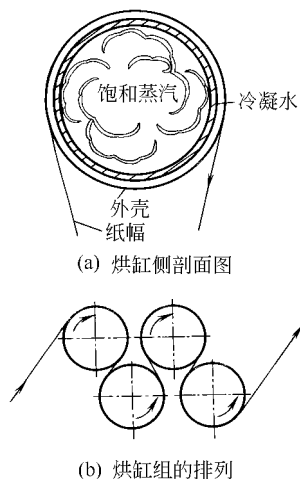


图 9-86 普通烘缸干燥器

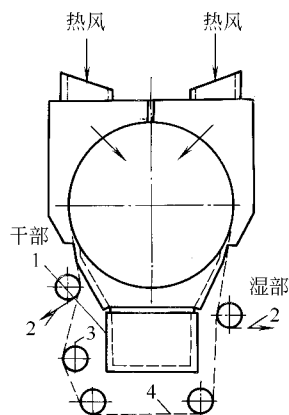


图 9-87 热风气罩式杨克烘缸干燥器

1—排风室 2—纸幅 3—导辊 4—干燥毛毯

烘缸干燥器的特点是：① 干燥过程中，支撑纸幅，减少松弛性拉力，并降低张力；② 纸页在平整的烘缸表面干燥，降低了纸幅的应力折皱和卷曲现象；③ 接触式干燥是一种非常有效的热传导干燥方式；④ 由蒸汽的潜热提供干燥能量是一条经济有效的途径；⑤ 容易引纸和对断纸进行处理。

标准型普通烘缸的直径一般为 1500mm 或 1800mm，限定承受压力 200~800kPa。烘缸的蒸发速率在  $2.5 \sim 20 \text{ kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  范围。在涂布纸干燥中，当涂层表面干度已达到不粘缸时，可以使用烘缸进行干燥，常用的蒸发速率为  $6 \sim 8.5 \text{ kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，其总蒸发能力按烘缸的周长来计算。一直径为 1500mm 的烘缸，蒸汽压力为 135~240kPa 时，其蒸发能力可达  $28 \sim 40 \text{ kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

杨克烘缸的直径一般为 3500~6000mm，它除了具有普通烘缸传导加热的功能外，还具有利用高速热风气罩对流传热的特点。一般来讲，气流速度的划分为：低速  $0 \sim 25 \text{ m/s}$ ；中速  $25 \sim 50 \text{ m/s}$ ，高速  $50 \sim 76 \text{ m/s}$ ，温度为  $150 \sim 315^\circ \text{C}$ ，干燥速率为  $35 \sim 95 \text{ kg 水}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。热风气罩的剖面结构见图 9-88。热风气罩的喷嘴之间距离为 19~25mm。喷嘴与纸页之间的

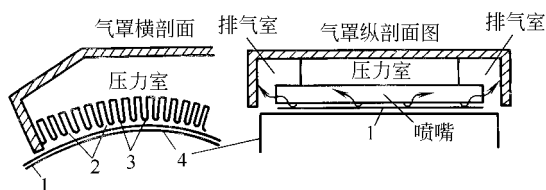


图 9-88 热风气罩的剖面结构示意图

1—纸幅 2—排气 3—高速喷嘴 4—烘缸

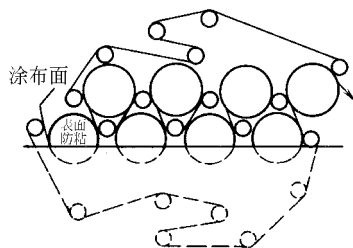


图 9-89 烘缸干燥器排列示意图



间隙为 3~12mm, 喷嘴开度 0.64mm。

图 9-89 为烘缸干燥器的排列示意图。为了防止涂布后表面的湿涂料粘缸, 一般要求 1、2 烘缸表面具有防粘涂层或者采用非接触型干燥器如红外干燥或热风气垫式干燥。作为常规来讲, 含有磨木浆的涂布纸干燥, 采用 20%~25% 的非接触型干燥就可以了, 对于不含磨木浆的涂布纸干燥, 需要采用 40%~45% 的非接触型干燥。

烘缸干燥蒸发水量的计算:

$$M_{\text{水}} = m_{\text{涂}} \times v \times 60 \times (R_1 - R_2)$$

式中  $M_{\text{水}}$  ——单位时间内每米纸幅宽度所蒸发的水量, kg 水/(h·m)

$m_{\text{涂}}$  ——涂布量, kg/m<sup>2</sup>

$v$  ——车速, m/min

$R_1$  ——进干燥器时涂料中的水与固体的比例

$R_2$  ——出干燥器时涂料中的水与固体的比例

干燥烘缸数量的计算:

$$N = \frac{m}{E_v \times D \times \pi}$$

式中  $N$  ——干燥烘缸数, 个

$E_v$  ——蒸发速率, kg 水/(m<sup>2</sup>·h)

$D$  ——烘缸直径, m

## (二) 桥式热风干燥器

桥式干燥器如图 9-90 所示, 在一个密闭的干燥室内, 设有许多辊子形成的“拱桥”, 涂布纸的涂层背面与各辊接触成弧形线前进, 热风以 110~160℃ 的温度经喷嘴直接吹向纸面, 对纸页加温后, 一部分带有水汽的气体从排风道排出。大部分从循环口进去和新鼓进的热风一起循环使用, 这样能充分利用热量避免过多的损失。一般地热风循环使用量约为 60%, 新鲜空气与排气各为 20%, 这样可以节省热量。

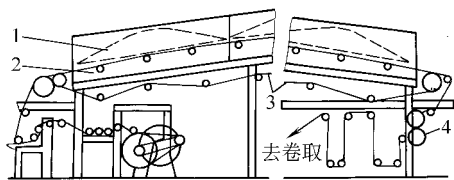


图 9-90 桥式干燥器示意图

1—热风箱 2—导辊 3—塑料网 4—冷却辊

桥式干燥器传送装置可以是托辊（导辊）式，也可是平带式传送装置。平带式传送装置应用最多，这是因为这种传送装置对纸幅容易控制，可以用高速热风干燥，干燥效率较高，操作速度可高达 915m/min。平带传送装置的有效干燥长度在 9.2~61m 之间，干燥速率可达 24.4kg/(m<sup>2</sup>·h)。另外，平带的种类也较多，如：造纸机的干毯、粗目合成网、硬的挂胶帆布平带和金属网等。但现在用塑料网的效果较好，用的也比较多。

桥式干燥器多是用在纸板涂布机上，如，用于涂布白纸板的涂布纸板机，对于涂布印刷纸现在一般已不采用这类干燥器，而是采用气浮式干燥器。

## (三) 气垫干燥器

气垫式热风干燥器，如图 9-91 所示。

气垫式干燥器是一种不接触型干燥设备，它可以单侧布置，也可以双侧布置。从各种干燥性能的测定和归纳来看，采用双侧布置比单侧布置的气垫式干燥器对涂布纸干燥的质量要好，同时还可增加产量。双侧布置的气垫干燥器有两种形式：对应排列和交错排列，如图

9-92 所示。

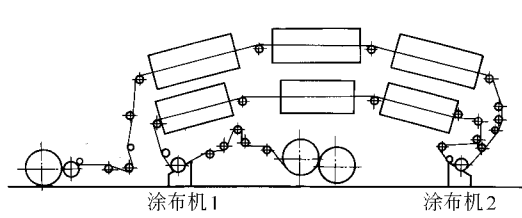


图 9-91 气垫式热风干燥器

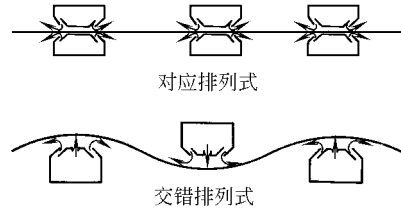


图 9-92 气垫式干燥的布置形式

气垫干燥喷嘴的形式有气浮式和气翼式两种。

气浮式如图 9-93 所示。喷嘴是对称交错布置的，从干燥喷嘴的两侧喷出，由于“附壁效应”，横向气流给纸页摩擦作用，以达到最佳的热和质的传递，同时支撑纸幅在某一位置。这种特殊设计的喷嘴几何形状，使纸幅在最佳的运行性能下达到最大的热交换，纸幅以正弦波形式穿过气垫箱，这样就能防止皱褶和卷曲，获得最佳的运行稳定性。

气翼式如图 9-94 所示。干燥空气从喷嘴一侧喷出后随纸一起运行，由于“附壁效应”，使纸幅定位在离喷嘴一定距离，这种喷嘴给纸幅极佳的稳定性和较广泛的干燥能力，适用于

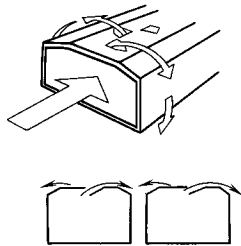


图 9-93 气浮式干燥喷嘴结构

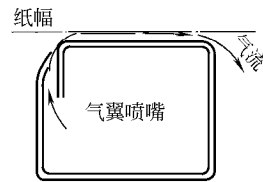


图 9-94 气翼式干燥喷嘴结构

低定量涂布纸干燥，也可用于一侧无承托的干燥布置。气垫干燥的空气循环是通过循环风机抽吸穿过蒸汽蛇管的干燥空气，再把它吹到气垫箱内完成的。

代表性的空气循环系统见图 9-95，空气循环系统主要由以下几个主要部分组成：循环风机，它决定了喷送干燥空气的体积量，而这个体积量取决于喷嘴的开口和所需的喷送速度；换热器，供气系统可以利用许多种热源来加热循环空气，最常见的是用高压蒸汽蛇管，它可将干燥空气加热至最高达  $200^{\circ}\text{C}$  的温度；排风机，它可以排放一定数量的湿热空气，通常比例不超过  $25\%\sim 30\%$ 。

#### （四）正弦曲线气浮干燥器

当今连续干燥纸幅的显著趋势之一，是采用正弦曲线气浮干燥器。这种干燥器在纸的抄造和加工方面均具有不少优点，为其他干燥方法所不及。

正弦曲线气浮干燥器的日益广泛采用是因为热风

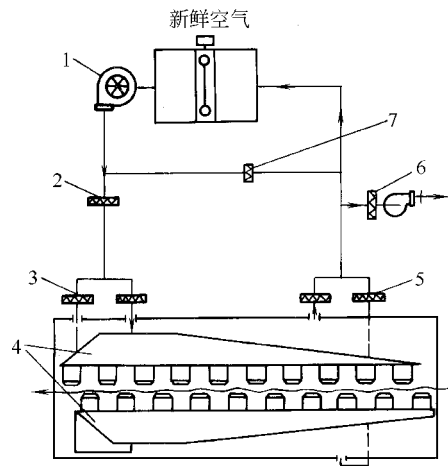


图 9-95 气垫干燥器的空气循环系统

1—循环风机 2、3—供气阀门 4—干燥器  
5—排气阀门 6—排风机 7—旁通阀门

干燥时，纸幅自由收缩，具有良好的特性，而且干燥效率也大大高于其他干燥装置。

为提高我国造纸工业的装备水平，降低初始设备投资费用，提高效率，提高涂布纸产品质量，我国设计研制了正弦曲线气浮干燥器。通过实践证明：采用这种干燥技术能达到效率高，操作方便，成纸中的水分均匀，产品质量好等要求，为超压整饰加工方面也带来了好处。

众所周知，在已涂布纸幅表面上存在一个气体滞层，被称为界面层。它对纸幅热传递干燥是最大的阻抗。

干燥的根本问题在于：设计出高速喷嘴以便尽快地消除界面层，供给蒸发所需的汽化热，并自纸面带走含有大量的水汽的空气。于是干燥就可分为向纸幅传热和水汽离开纸幅这两种传递形式。

设计正弦曲线气浮干燥器，采用高速热风（约 40m/s）来破坏这个界面层（气体滞层）从而加速蒸发速度。

### 1. 正弦曲线气浮干燥器

结构如图 9-96 所示，正弦曲线气浮干燥器系一个单元装置，由上箱、下箱、上喷嘴箱、下喷嘴箱及导纸辊等组成。

上、下箱为覆有保温层的矩形箱体，保温层厚为 80mm，上、下喷嘴箱分别固定在其规定部位，下箱内还装有两个导纸辊承托纸幅的非涂布面。上箱可借气缸升起约 600mm，以便引纸、维护和检查喷嘴箱。干燥器配有热风系统。

图 9-97 所示为上、下喷嘴箱剖面详图。如图所示，热风从喷嘴的底部中间进入，通过喷嘴顶部两侧喷缝高速吹出，在干燥器内运行的纸幅，被来自喷嘴缝中喷出的热风支承。喷嘴箱风压（在 140~160℃ 时）为 1.3~1.6kPa，通过喷嘴的热风风速为 30~52m/s，喷嘴

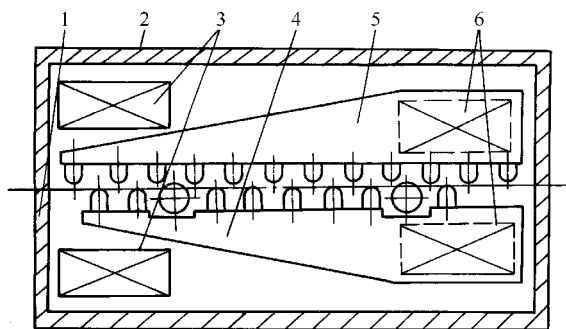


图 9-96 正弦曲线气浮干燥器

1—下箱 2—下箱 3—热风出口 4—下喷嘴箱  
5—上喷嘴箱 6—热风进口

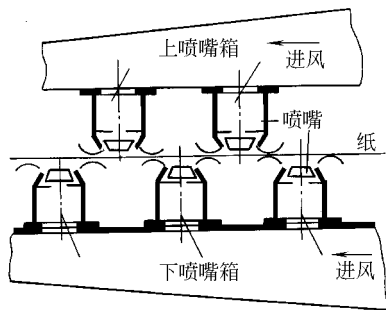


图 9-97 喷嘴箱剖面图

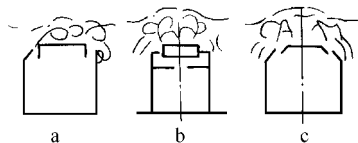


图 9-98 气浮式喷嘴型式

与纸幅间距为 6~30mm，推荐使用纸幅与下喷嘴距离为 15mm。

### 2. 热风喷嘴型式

图 9-98 所示的是正弦曲线气浮干燥器的三种喷嘴型式。这三种高速热风喷嘴，可使纸幅表面的界面层受到破坏，从而获得高的干燥速率。图 9-98 中 a、c 型式的喷嘴常用于热风循环管道装置布置在干燥器内的情况，而图 9-98 中 b 型式的喷嘴常用于热

风循环管道装置布置在干燥器外的情况。

### 3. 热风系统

用好正弦曲线气浮干燥器要有一个好的热风循环系统，达到高效率干燥之目的。有关资料介绍，循环风量应占 80%~90% 最为合理。目前，正弦曲线气浮干燥器的热风管装置有两种型式：一种是将热风循环管道系统全部布置在干燥器之内；另一种布置在干燥器之外。这两种布置形式各有利弊，前者占地面积小，可提高热效率；而后者有利于调节、操作和维修，也使烘箱本体简化，体积减小，不会受循环风机振动等影响。从国内使用情况看，热风循环管道装置布置在干燥器之外较好。

热风系统由热交换器、空气过滤器、风机、风门，进排风管道等组成。

由蒸汽管路送来的蒸汽通过截止阀、滤水阀，进入热交换器加热空气，再通过风机分别将热风送入上、下喷嘴箱，再通过喷嘴体顶部两侧的喷缝吹至纸幅表面。干燥器内的回风分别通过上、下箱的热风出口，80%~90% 送入热交换器进行循环使用，其余排出循环系统外。

热风系统中设有控制风量的阀门，用以控制各干燥器的热风风速借以获得最佳干燥曲线的要求。

使用热风连续干燥纸幅的主要问题，在于任何使用足够高的热风速度来达到所要求的干燥效果，而保持设备的大小合理。

正弦曲线气浮干燥器的设计是：将达到干燥能力要求的足够数量的干燥器单元装置结合起来。

正弦曲线气浮干燥器的主要特点是：①纸幅中的水分均匀，产品质量好，效率高，操作方便；②两面热和质的传递可使干燥器较短；③能调节横向水分分布；④适于再循环热系统或溶剂的回收；⑤热量及热风损失可减至最少，没有冷边缘效应以及向生产人员渗漏的蒸汽，气味减至最少；⑥喷嘴可拆卸，清洗容易；⑦热风系统没有着火危险，对于干燥速率的控制有灵活性，可以用其分段作为冷却单元；⑧正弦曲线的摆动，即使在纸幅张力变化时，产生皱折以及卷曲也不致扩散；⑨适用于各种热源，但水蒸气作为热源的应用最广泛。⑩风量及动力通常较大（指热风系统）；⑪湿而强度低的纸及纸板不能运用；⑫必须考虑纸幅校正装置。

正弦曲线气浮干燥器除用于涂布机外还能应用在造纸机的施胶压榨后，这主要是因为施胶后的纸幅在开始的几个烘缸上易“粘缸”而限制了纸机车速。采用正弦曲线气浮干燥器安装于施胶压榨和它后面的第一个烘缸之间，对提高施胶压榨原烘缸组的蒸汽压力，保持较高纸机车速以及消除“粘缸”现象等方面都有利。正弦曲线气浮干燥器还广泛用于造纸机内涂布装置之后。在涂布过程中，无论是使用比尔刮刀式、棒式、辊式或气刀式等方式，也不论是烘干纸、纸板及无纺布，都可以使用正弦曲线气浮干燥器。正弦曲线气浮干燥器正在被越来越多的造纸厂采用。

### （五）红外干燥器

这是一种采用辐射原理设计的干燥设备，如图 9-99 所示。红外光谱的范围为 0.7~1000 $\mu\text{m}$ ，但能有效用于干燥的波长范围为 0.7~11 $\mu\text{m}$ ，一般又分近红外（0.7~3 $\mu\text{m}$ ）、中红外（3~6 $\mu\text{m}$ ）、远红外（6~11 $\mu\text{m}$ ）。由于红外线是一种发射电磁波的不可见光线，其周波数因为与构造质的分子固有振动频率在同一范围，当用红外线对物质进行照射时，引起电磁的共振，其热能可被有效地吸收。作为红外线发生源，在工业上一般有燃气或电能两种装

置。通常红外辐射设备发出的辐射波长最小为  $0.7\sim 1.0\mu\text{m}$ ，并扩展至波长为  $8\mu\text{m}$  的热能，由于水不能被红外辐射所穿透，故可将它吸收后达到本身被加热的目的。液态水尤易于吸收波长为  $2.5\sim 3.3\mu\text{m}$  的红外线，对应的发射温度约为  $600\sim 870^{\circ}\text{C}$  范围。无论以燃气加热或以电力加热的红外干燥器，其温度均按加热强度来控制。为获得有效的干燥操作，对发射波长在中波频带的红外辐射器，其所需功率负荷为  $40\sim 50\text{kW}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  可达到的发射温度为  $800\sim 950^{\circ}\text{C}$ 。在涂布纸干燥工艺中采用的燃气加热红外干燥器的发射温度为  $340\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ，电力加热红外干燥器的发射温度为  $340\sim 2200^{\circ}\text{C}$ 。红外干燥器必须配备一套强制对流通风系统，以除去由一层热汽形成的附面层，并将纸页表面的蒸发水汽排出，以提高干燥能力。用红外干燥系统所能获得的蒸发速率约在  $45\sim 90\text{kg 水}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  之间。最大蒸发速率可达到  $150\text{kg 水}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。表 9-4 为电力加热与燃气加热红外干燥器的性能比较。

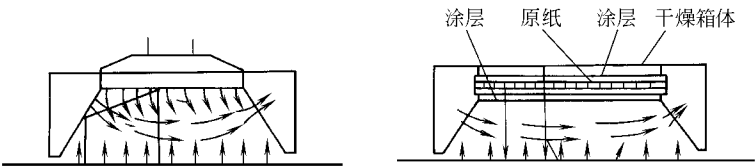


图 9-99 红外干燥器

表 9-4 电力加热与燃气红外干燥器的性能比较

| 性 能     | 电加热红外干燥器      | 燃气红外干燥器        |
|---------|---------------|----------------|
| 热能控制    | 0~100%连续式     | 间隙式            |
| 加热启动    | 立即 (1s/75%功率) | 慢 (5min/75%功率) |
| 冷却      | 立即            | 慢              |
| 火警危险程度  | 低             | 高              |
| 防止胶粘剂迁移 | 好             | 一般             |
| 穿透力     | 好             | 一般             |
| 蒸发效率    | 好             | 一般             |
| 投资费用    | 高             | 中等             |
| 能源消耗    | 中等            | 高              |
| 辐射因子    | 高             | 低              |

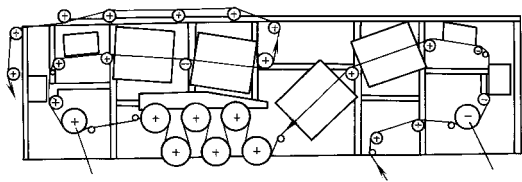


图 9-100 涂布纸干燥过程中典型的三种干燥器的布置

### （六）干燥器选用

图 9-100 为涂布纸干燥过程中典型的三种干燥装置的布置安排，这三种干燥器的安排理由如下：

（1）红外干燥器具有设计紧凑和高能量输出的特点，紧靠在涂布器之后，其效果较佳。当表面水膜还未遭干燥气流的过大干扰

时，涂料中的大量水分能有效吸收红外线的辐射能量，这会使水与纸幅的温度一起升高，而不致使涂层表面失水所引起局部表面过干燥所引起的结皮弊病。

（2）气浮式干燥具有非接触性干燥的特点，使得涂布纸页在进入下阶段接触性干燥的烘缸之前能被有效地控制其蒸发速率。

（3）烘缸干燥器具有接触性干燥的优点，使得纸页的外观改善和张力得到控制。

## 第十章 典型造纸机简介

### 第一节 新闻纸机

#### 一、传统新闻纸机

图 10-1 所示的为 2362 长网多缸新闻纸机。适用于以木浆、竹浆和苇浆为主要原料，生

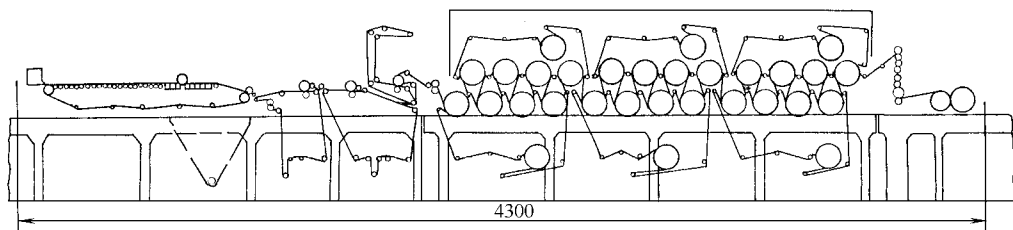


图 10-1 2362 长网多缸新闻纸机

产定量  $40\sim 80\text{g/m}^2$  的新闻纸、文化纸等。

净纸宽：2362mm；工作车速：100~200m/min；公称产量：25t/d；传动方式：总轴传动；轨距：湿部 3300mm，干部 3400mm；外形尺寸（长×宽×高）：54300mm×10480mm×5750mm。

方锥管多孔板开启式流浆箱；长网部为网案长 10950mm，悬臂换网，真空伏辊直径 650mm；压榨部有两道正压，一道反压，一道光压，天然石辊直径 600mm，压榨胶辊直径 550mm，光压压榨胶辊直径 500mm，光压天然石辊直径 500mm；正压榨采用压缩空气吹送开式引纸，反压和光压，设有引纸绳装置；各道压榨均采用膜片缸气动加压和提升上辊；烘缸直径 1500mm，22 个烘纸缸，2 个冷缸，6 个烘毯缸，分三组 8—8—6+2 冷；机架为箱形机架，传动侧机架内装烘缸传动齿轮系，齿轮系采用倒 Y 形排列，引绳纸引纸；开式汽罩；发电机组为直流电动机变速，尼龙带锥形调速总轴传动，主电动机 ZD<sub>2</sub>42.3/30-8B，190kW，220V，发电机组装机容量 267.5kW，辅助传动电动机总装机容量 69kW，提供主传动及辅助传动电控设备；压缩空气系统为配有纸机内部管路系统及各用气点控制装置；ZY6 型八辊压光机、ZU6 型圆筒卷纸机、ZDS<sub>1</sub> 型 5m<sup>3</sup> 水力碎浆机。

#### 二、现代新闻纸机

##### （一）Lang Paier 的 5 号纸机

在该纸机中最创新的部分是采用了靴型压榨部和倾斜压光机用于生产新闻纸和超级压光纸，该机的最大工作车速是 1800m/min，操作速度 1600m/min，网宽 8.9m。由于横幅的自动控制，容许偏差在  $\pm 3^\circ$  之内。

该夹网成形器包括以下标准部件：成形辊、顶网真空脱水箱与对面底网的 4 根成形脱水板、平面吸水箱、吸水棍和高真空度吸水箱。由于安排了固定的和转动的吸水元件，使进入压榨部的纸页干度易于超过 18%。

有 4 毯的靴型压榨部由两个靴型压榨装置组成，可达到 54%~57% 的干度。

为了进一步提高干度和更好地控制全幅水分，在两压榨部之间安装了一台全幅蒸汽箱。除了运行因素外，在顶部和底部均匀的压榨脱水保证了两面的良好一致性，从而有非常好的纸页结构，使纸页具有良好的适印性。

干燥部由 38 个烘缸组成，安装纸幅润湿装置来对进入压光机的非常高的初始水分含量进行横幅校正。该压光机有 8 个辊子，倾斜  $45^\circ$  角。这不仅易于引纸，除此之外还可保证压光机本身在最高速度下获得机械稳定性。由于有  $45^\circ$  的倾斜度，从而抵消掉 30% 的辊子重力。如果有必要，也可用液压补偿的办法来保证所有压区的线压恒定。该压光机的一个独特的优点是：不用的压光辊易于更换。卷取系统能很好的控制压区压力、纸幅张力，设置了一台初级和一台二级中心卷曲助动器。

图 10-2 所示的为本造纸机的配置。

#### (二) 欧洲 Haindl 纸厂的 Schongau9 号纸机

该厂 9 号纸机的抄宽为 6100mm，设计车速为 2200m/min。由以下部分组成：

- (1) 带自动控制系统的流浆箱，具有浆料浓度检测传感器，能在瞬间对定量进行调节。
- (2) 夹网成形器。
- (3) 封闭式牵引的串级靴型压榨部。
- (4) 单排烘缸部，在第一个烘缸后采用开放式牵引。
- (5) 新的水分横向控制系统。
- (6) 压光机，倾斜  $45^\circ$  角，有 10 个辊子，被分成独立的两组。
- (7) 带有卷取振荡器的卷取系统。

图 10-3 展示了本造纸机的基本配置。

#### (三) Holmen 造纸公司的 BRAVIKEN 造纸厂的 53 号纸机

Holmen 造纸公司的 BRAVIKEN 造纸厂引进福伊特苏尔寿公司产品，53 号纸机的技术参数如下：网宽为 9650mm；净宽为 8950mm；额定车速为 1800m/min；定量为  $40 \sim 48.8\text{g/m}^2$ ；生产能力为 986t/d。

53 号纸机的组成：带 ModuleJet 的 GapJet 流浆箱；带 JetCleaner 的 DuoFormerCFD 成形器；带 NipcoFlex 靴式压榨的 Duo-Centri2 压榨部，QualiFlex 盲孔式压榨靴套和 DuoSreanm 横幅控制蒸汽箱；带 DuoStabilizers 的单排烘缸和 DuoCleaner 干网清洁装置的干燥部；软压光（ $2 \times 1$  压区）带有 Nipcorect 辊；带中心传动和辊库的卷纸机；2 台 DuoRoller 复卷机。

本机以  $45\text{g/m}^2$  标准新闻纸（欧洲标准）开始生产，现在已经成功的生产了  $40\text{g/m}^2$  和  $42\text{g/m}^2$  的新闻纸，目前正在考虑进一步将定量降低到  $34\text{g/m}^2$ 。

53 号纸机装备有软压光机，线压可达到 380kN，温度达  $220^\circ\text{C}$ ，因此也可以生产凹版印刷纸。图 10-4 为 53 号新闻纸机示意图。

#### (四) 韩国 Bowater Halla 纸业有限公司的新闻纸机

福伊特苏尔寿公司为韩国 Bowater Halla 纸业有限公司设计的，1996 年投产。

纸机的技术设计数据为：抄宽为 7940mm；纸种为新闻纸，定量  $40 \sim 48.8\text{g/m}^2$ ；定量为  $48.8\text{g/m}^2$  时产量为 837t/24h；结构车速为 1700m/min；操作车速为  $1500 \sim 1600\text{m/min}$ ；原料为 100% 的废纸脱墨浆。

整台纸机采用 Profilmatic 的 GapJet 网前箱、DuoFormerCFD 成形部、带第四压区的 DuoCentri II 压榨部、CombiDuoRun 干燥部（60% 单排烘缸、40% 双排烘缸）、带 GAW 淀



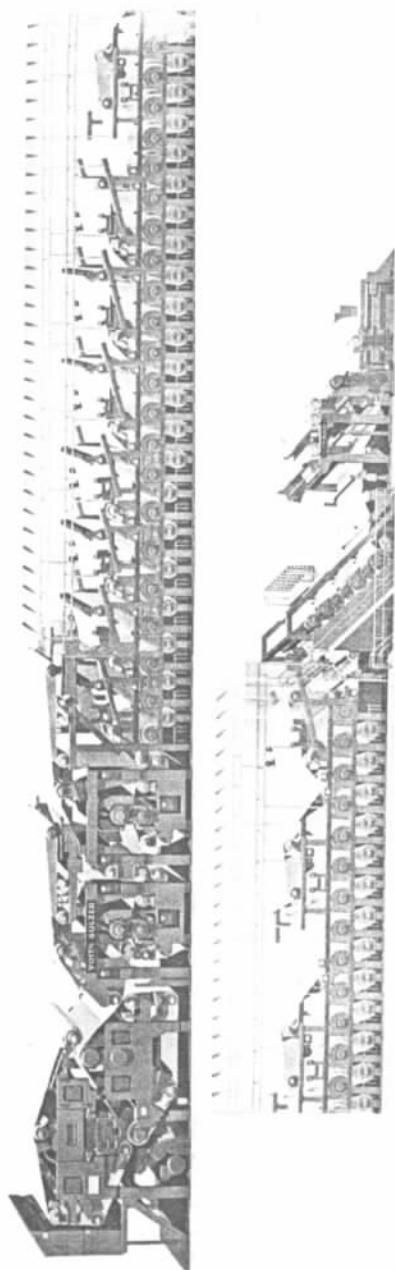


图 10-2 5 号纸机的配置

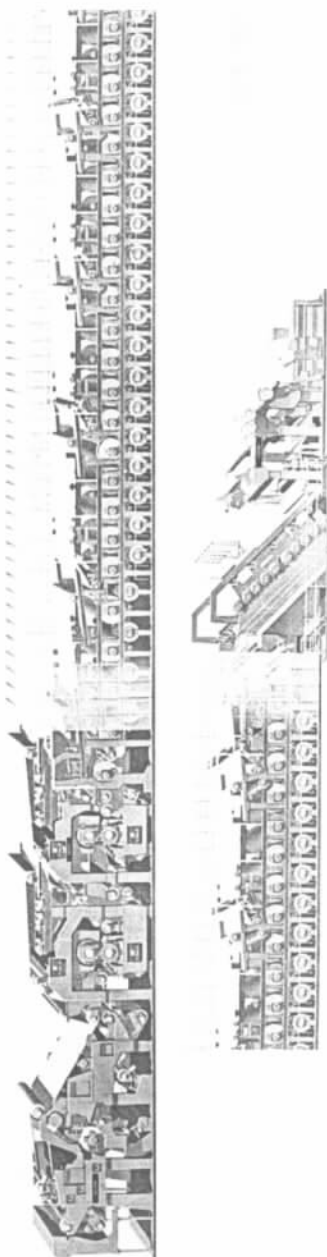


图 10-3 9 号纸机的配置

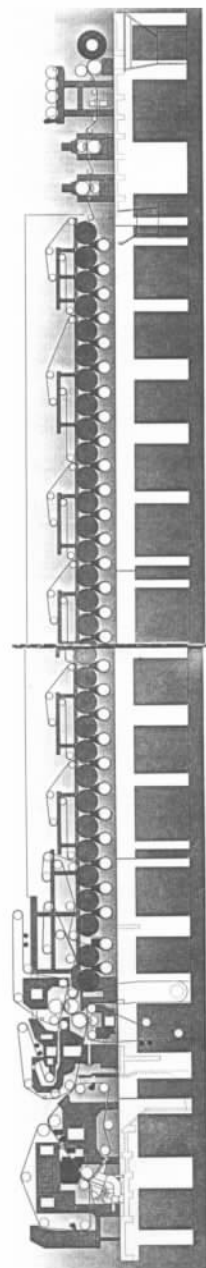


图 10-4 53 号纸机示意图

粉制备的 Speedsizer 施胶机、带 Nipco 辊的软压光机（ $2\times 1$  个压区）和带自动更换大纸卷的卷取部。

图 10-5 为该新闻纸机的外形图。图 10-6 表示了这台纸机的配置。

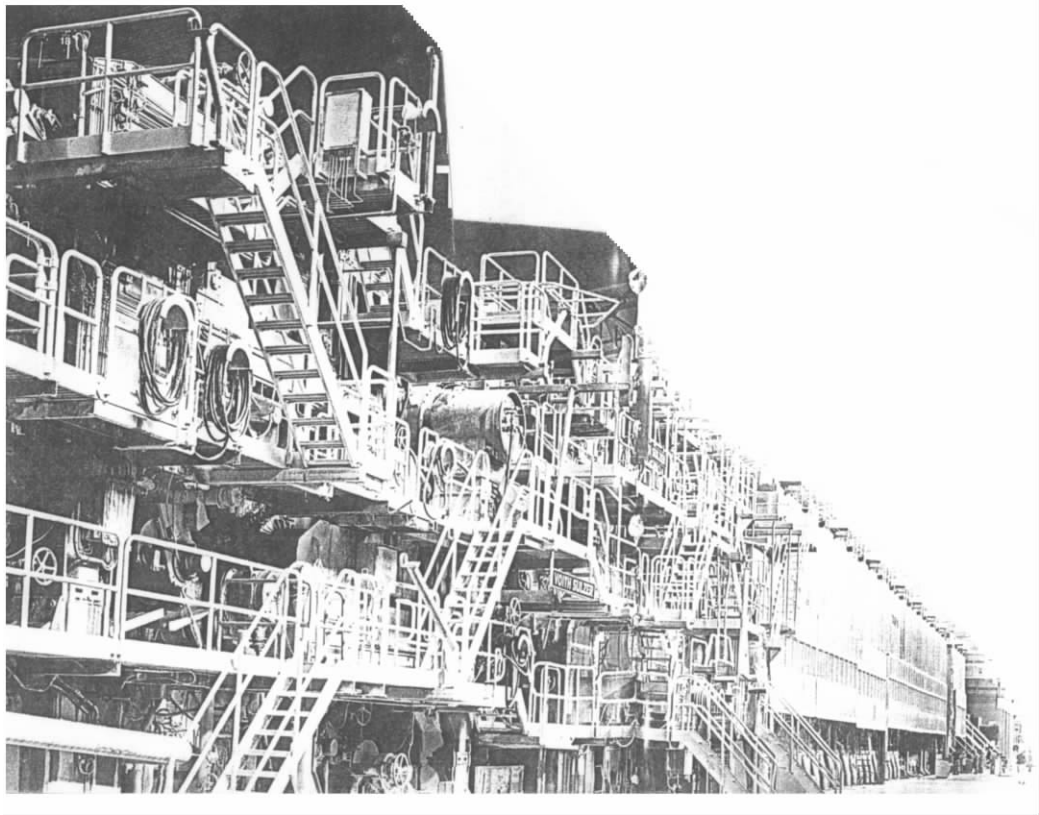


图 10-5 韩国 Bowater Halla 纸业有限公司纸机外形图

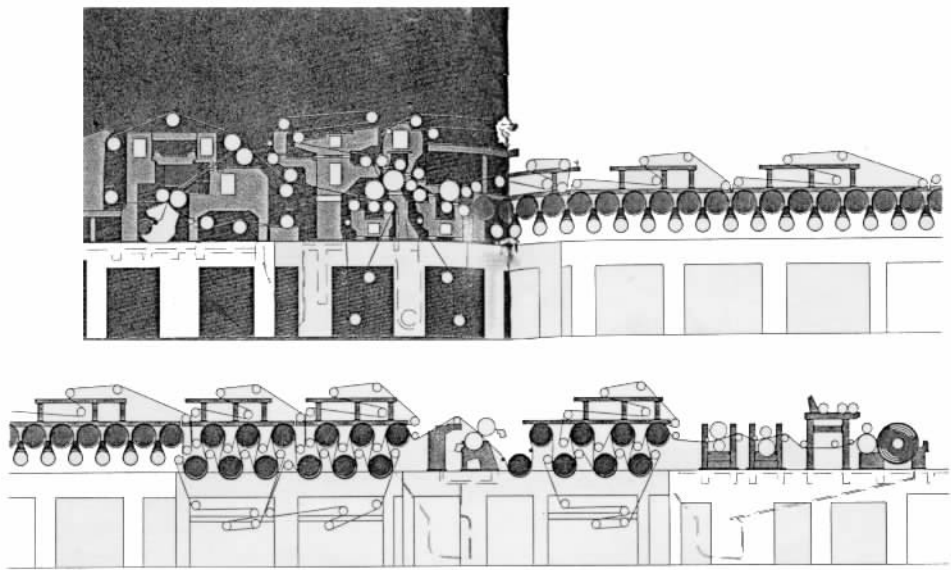


图 10-6 韩国 Bowater Halla 纸业有限公司纸机的配置

### （五）Gebruder Lang 股份有限公司的新闻纸机

德国巴伐利亚省 Gebruder Lang 股份有限公司在 1999 年投产的新闻纸机的主要数据为：网宽：8900mm；切纸后的工作宽度：8150mm；最大复卷直径：3700mm；最大额定车速：2290m/min；最大操作车速：2000m/min；年生产能力：28 万 t；产品：40~48.8g/m<sup>2</sup> 新闻纸，45~60g/m<sup>2</sup> 超级压光纸；调试日期：1999 年第 3 季度。

图 10-7 表示了这台新闻纸机的配置图。

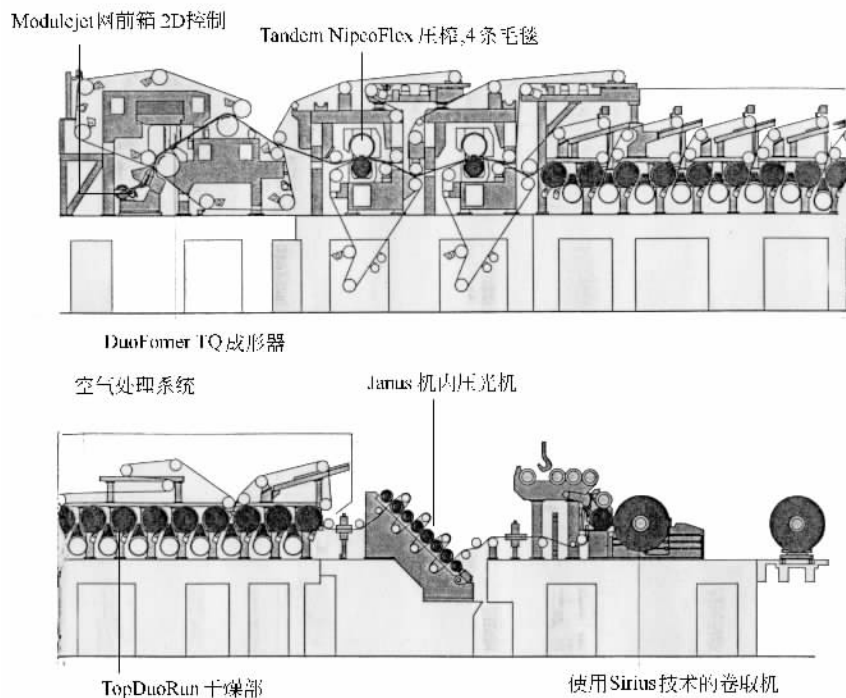


图 10-7 Compact5 号纸机的配置

## 第二节 文化纸机

### 一、传统的文化纸机

#### （一）1760 长网多缸（表面施胶）造纸机

适用于木浆、草浆、竹浆为主要原料，抄造 40~80g/m<sup>2</sup> 的表面施胶印刷纸和其他文化用纸等。

净纸宽度：1760mm；工作车速：60~120m/min；公称产量：10t/d；传动方式：总轴传动；轨距：2600mm；外形尺寸（长×宽×高）：46100mm×7250mm（换网宽 9650mm）×4800mm。

开启式压力流浆箱；长网部：网案长度 8260mm，悬臂式机械换网，真空伏辊，直径 650mm；压榨部：二道正压、一道反压、一道光压；天然石辊直径 450mm，压榨胶辊直径 400mm；烘干部：烘缸直径 1250mm，19 只烘纸缸（其中两只镀铬），1 只冷缸，6 只烘毯缸，分三组 6—6—7+1 冷，封闭小齿轮系传动；施胶机：在第二组烘缸后配有水平式施胶机，镀铬辊直径 400mm，施胶胶面辊直径 400mm；开式汽罩；传动：可控硅直流电机变

速，尼龙皮带锥形轮调速总轴传动，主电机型号 Z2-111，75kW，440V，辅助传动总装机容量 7.4kW，提供主传动及辅助传动电控设备；压缩空气系统：配有造纸机内部管路及用气点控制装置；ZY4 七辊压光机，ZU4 圆筒卷纸机。

图 10-8 表示了 1760 长网多缸造纸机的配置。

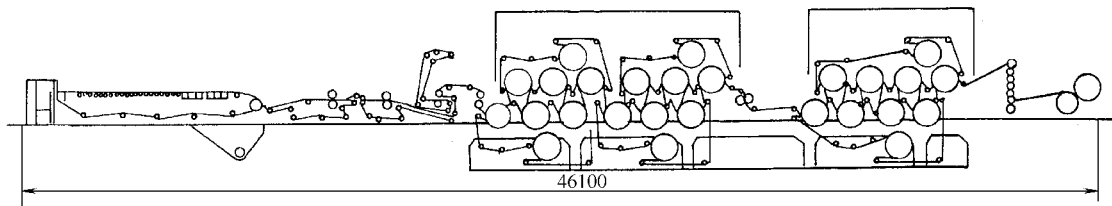


图 10-8 1760 长网多缸（表面施胶）造纸机示意图

## （二）2362 长网多缸（施胶）造纸机

适用于以硫酸盐针叶木浆为原料，生产  $60\sim 80\text{g}/\text{m}^2$  优质文化用纸等。

该纸机的净纸宽度：2362mm；定量： $60\sim 80\text{g}/\text{m}^2$ ；工作车速： $2250\sim 270\text{m}/\text{min}$ ；公称产量： $240\sim 600\text{t}/\text{d}$ ；传动方式：可控硅调速直流电动机分部传动；轨距：23400mm；外形尺寸（长×宽×高）： $77300\text{mm}\times 11075\text{mm}\times 60508\text{mm}$ 。

流浆箱：用气垫流浆箱，可适应工作速度  $250\sim 316\text{m}/\text{min}$  的要求，唇口宽为 2650mm；长网部：网案长 13000mm，高 2180mm，采用 C 形梁悬臂式机械换网，成形网自动校正，恒张力张网，采用水针式自清洗喷头高压水冲洗成形网，网案配有超高分子聚乙烯面板，脱水板为三叶式超高分子聚乙烯镶陶瓷条，以及湿吸箱、吸水箱、直径 800mm 双室真空伏辊等；压榨部：采用真空吸移，三辊两压区复合压榨，一道正压和一道光泽压榨组成，线压刀分别为  $490\text{N}/\text{cm}$ 、 $588\text{N}/\text{cm}$ 、 $784\text{N}/\text{cm}$ 、 $490\text{N}/\text{cm}$ ，毛毯自动校正，毛毯气动马达张紧，高压移动喷水管和毛毯吸水箱洗涤，真空压榨辊直径 750mm，真空吸移辊直径 550mm，压榨胶辊直径 650mm，压榨石辊直径 750mm，活动弧形辊直径 150mm；烘干部：采用直径 1500mm 烘缸，烘纸缸 32 个，2 个镀铬缸，2 个镀铬冷缸，4 个烘毯缸，分 6 个传动组，6—6—6—6—表面施胶机—6（前 2 个为镀铬缸）+6（最后为 2 个镀铬冷缸），全部使用干网，采用热风清洁干网，自动校正及张紧，机架为箱形结构，烘缸均为封闭齿轮系传动，配全套引纸绳装置；汽罩部：采用普通开式汽罩，型钢骨架，铝板罩，顶部有保温夹层；传动部：采用可控硅调速直流电机分部传动，共 14 个传动组；其他：配润滑油系统，空气压缩系统，电气传动部，2362mm 平气动圆筒卷纸机。

图 10-9 表示了这台纸机的配置。

## 二、现代文化纸机

### （一）江苏大港纸厂的高级文化纸机

江苏镇江市大港纸厂的高级文化纸机，抄造不含机浆的印刷纸和涂布原纸。

网宽：10500mm；设计车速： $1700\text{m}/\text{min}$ ；定量： $38\sim 87\text{g}/\text{m}^2$ ；产量： $450000\text{t}/\text{年}$ ；开车时间：1999 年；横向分区稀释型水力流浆箱；CFD 型夹网成形器；复合带中高靴式压榨；带热风装置的单排干燥；两个高速施胶机；施胶后混合干燥； $2\times 2$  软压光机；实际车速： $1458\text{m}/\text{min}$ 。该纸机示意图 10-10。

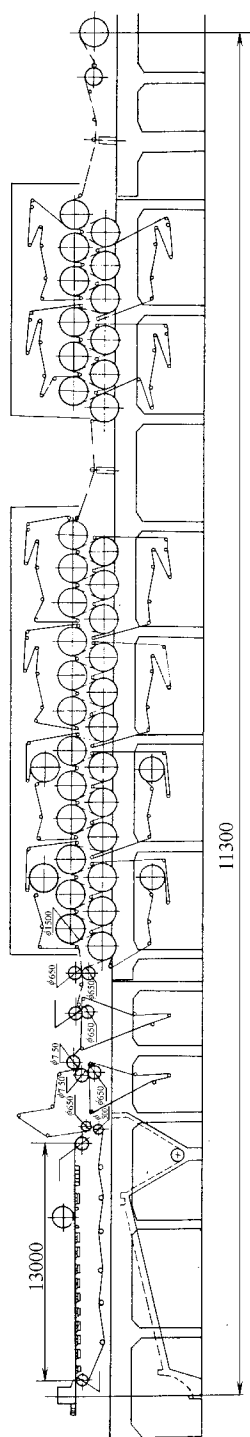


图 10-9 2362 长网多缸 (施胶) 造纸机

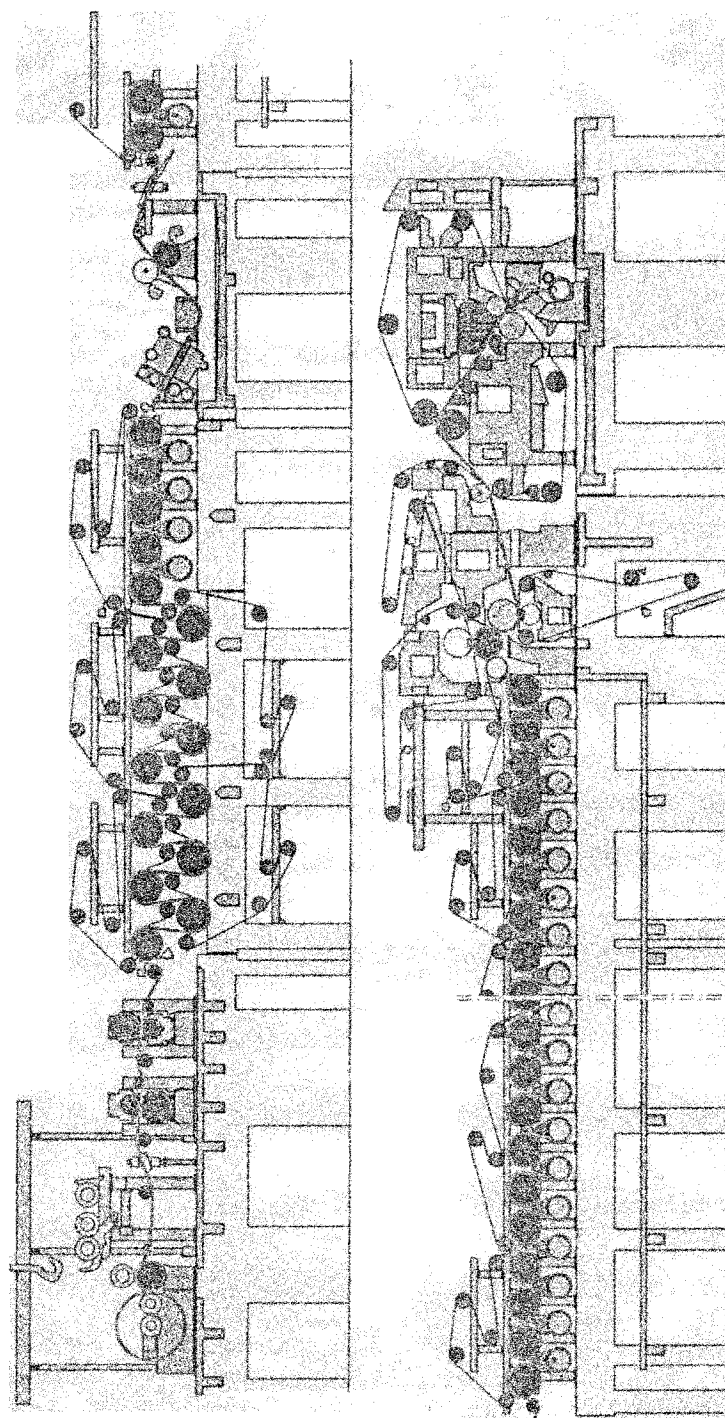


图 10-10 纸机布置图

该纸机的特点是带有 Modulejet 的 Gapjet 网前箱，能达到迄今为止最好的定量分布曲线。网前箱把浆流喷射到成熟的 DuoFormer CFD 夹网成形器的两张成形网之间，悬浮的浆料沿上、下网均匀脱水，脱水灵活、可调的成形脱水板可以保证取得很好的纸幅匀度。纸幅可通过高速伏辊进一步脱水，伏辊带有内藏式的射流清洗装置，可以保证辊子长期清洁，在操作中的效果如同标准的高压喷水管。接着，纸幅通过高速的真空引纸辊从下网上剥离开来，通过引纸毛毯把纸幅引到 4 辊 DuoCentri NipcoFlex 压榨的第一压区。因为纸幅的干度高、松厚度高，压榨部的运行性很好。接着，纸幅通过真空递纸辊的支撑，被引到第一组烘缸。因为网状干毯能保持清洁，不含树脂和填料，一个 DuoCleaner 干毯洗涤装置可保持网状干毯的透气度与新干毯一致。这也可以使蒸汽的消耗量极低。接着，纸幅进入 Combi DuoRun 烘缸部。最后，纸幅通过带有两个中心卷纸站的 DuoReel 卷取机卷取。

## （二）奥地利的 Laakirchen 公司的 11 号纸机

新型 11 号纸机的技术参数：

幅宽：9650mm；生产定量：52~56g/m<sup>2</sup>；产品：A 级纸超级压光纸生产杂志纸；产量：240000t/年（第一阶段），400000t/年（第二阶段）；设计车速：2000m/min。

11 号纸机的成形系统由配有 ModuleJet 流浆箱、DuoFormer TQv 成形器和配有两个双毛毯靴型压榨的 Tandem NipoFlex 压榨装置组成，该压榨装置具有最大的出纸干度和最优的纸产品（纸页两面差可以降到最小）。此外，11 号纸机也采用了 TopDuoRun 先进的干燥技术。图 10-11 为 11 号纸机的设备配置图。

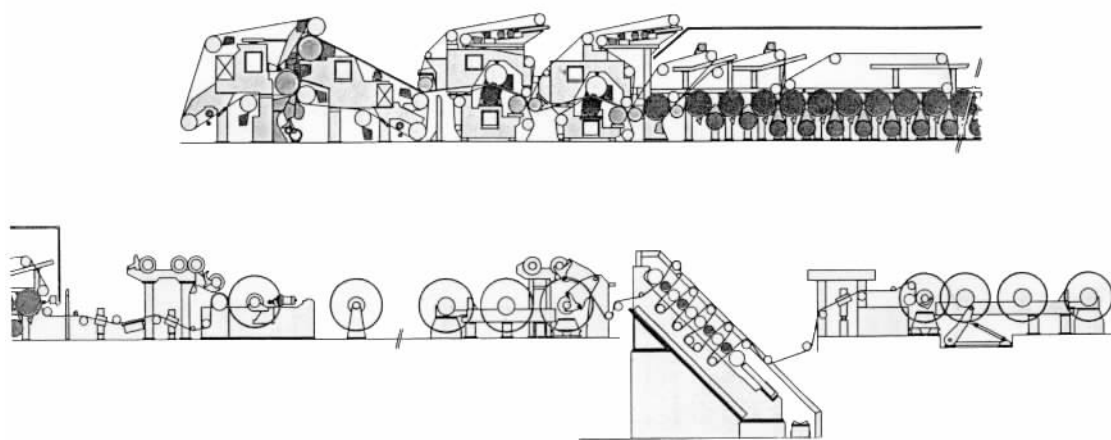


图 10-11 纸机配置图

Sirius 复卷机能保证纸辊的质量，同时减少了纸张的浪费。机外 MK2 技术提供了最优的压光效果。

## （三）武汉晨鸣的高级文化纸机

定量：40~120g/m<sup>2</sup>；卷纸机上纸宽：4760mm；网宽：5300mm；最大工作车速：1100m/min；设计车速：1300m/min；卷纸辊平衡车速：2500m/min；产量：362t/d。

图 10-12 为该纸机的设备配置图。

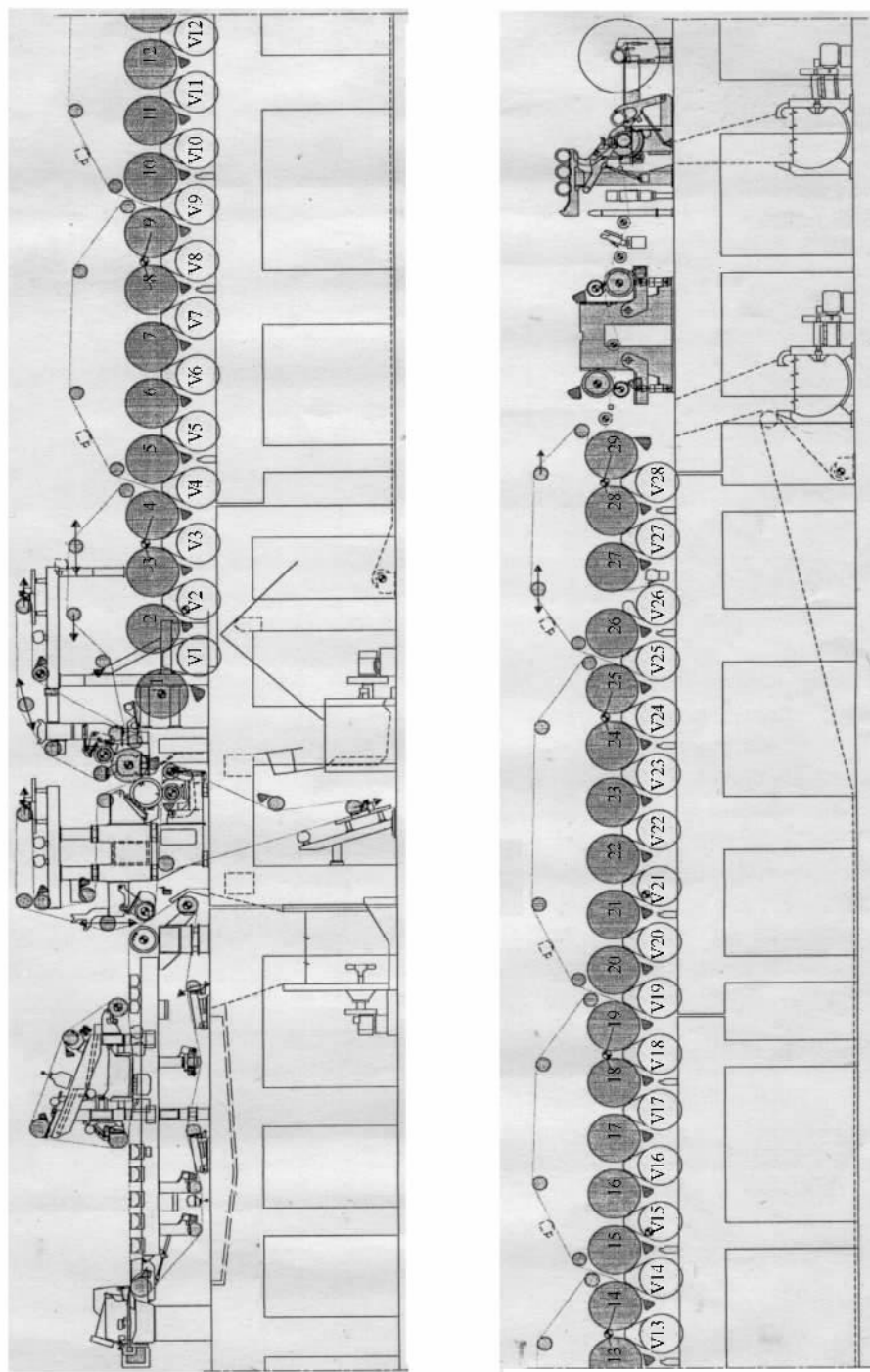


图 10-12 纸机配置图

## 第三节 包装纸及纸板机

### 一、传统包装纸及纸板机

#### (一) 2040 长网多缸纸袋纸机

用于生产  $80\text{g}/\text{m}^2$  水泥袋纸。其技术指标为净纸宽度：2040mm；工作车速：100～150m/min；公称产量：30t/d；传动方式：总轴传动；轨距：3100mm；外形尺寸（长×宽×高）：512000mm×10180mm×5750mm。长网部：网案长度为 10950mm，悬臂式机械换网，真空伏辊直径为 650mm；压榨部：三道正压，天然石辊直径 600mm，压榨胶辊直径 550mm，开式引纸，各道压榨均采用膜片缸气动加压和提升上辊；烘干部：烘缸直径 1500mm，19 只烘缸，1 只冷缸，6 只烘毯缸，分三组 6—6—7+1 冷，机架为箱形机架，传动侧机架内装烘缸传动齿轮系，齿轮采用倒 Y 形排列；汽罩部：开式汽罩；传动部：可控硅——直流电动机变速，尼龙带锥形轮调速总轴传动，主电机型号  $\text{ZD}_2-122-1\text{B}$ ，功率 125kW，440V，提供主传动及辅助传动电控设备；润滑系统：包括中心润滑的全套设备及管路系统；压缩空气系统：配有造纸机内部管路及各用气点控制装置；三辊压光机、2040mm 水平式气动圆筒卷纸机。

图 10-13 表示了这一纸机的配置情况，目前图内正在运行的旧式水泥袋纸机基本上是这样配置。

#### (二) 2400 多圆网多缸（施胶）牛皮箱纸板机

纸种：牛皮箱纸板；定量：250～360g/m<sup>2</sup>；产量：50t/d；净纸宽度：2400mm；工作车速：45～66m/min；传动方式：分部传动；轨距：圆网部 3500mm，烘干部 3400mm；外形尺寸（长×宽×高）：67700mm×10000mm×6750mm。

圆网部：高效整流圆网成形器，有锥型多管布浆器、混合室、扩散均浆辊、挡浆调节板组成，圆网上伏辊直径为 380mm 真空回头辊直径为 690mm，配高压移动喷水管和毛毯连续清洗喷水管，真空压榨辊直径为 1000mm，真空压榨上辊直径为 850mm；压榨部：宽压区压榨，压榨上辊直径 1320mm，压榨下辊直径 1320mm，线压力 220kN/m，采用高压移动喷水管和毛毯连续清洗喷水管洗涤，毛毯吸水箱（2 个吸口）4 套，宽压区压榨采用液压加压；烘干部：直径为 1500mm 烘缸（烘缸分组 8—光泽缸—6—6—施胶机 6+2 冷缸），施胶后头两个缸为镀铬缸，导辊直径 215mm，共 61 根；施胶机：斜列式表面施胶机，气动加压，施胶表面辊直径 550mm，施胶镀铬辊直径 550mm；汽罩部：开式汽罩，型钢框架，铝板外壳，顶部有保温板；传动部：采用直流电动机分步传动，可控硅调速；润滑系统：该系统供烘干部轴承和传动部齿轮系齿轮及轴承的润滑，本系统包括油站和输油管路；压缩空气系统：供圆网部压榨部加压及各用气点及纸机内的所有送气管路；2362mm 8 辊压光机，2362mm 圆筒卷纸机，2362/350 复卷机。

图 10-14 所示的为这台纸机的配置，目前国内正在运行的旧式多圆网多缸牛皮箱纸板机基本上是这样配置。

### 二、现代包装纸及纸板机

#### (一) 西班牙最大的瓦楞纸厂 SAICA 三厂 9 号纸机

2000 年 10 月 12 日投产的 9 号纸机，定量在  $105\text{g}/\text{m}^2$  时的车速为 935m/min。



图 10-13 2040 长网多缸纸袋纸机配置图

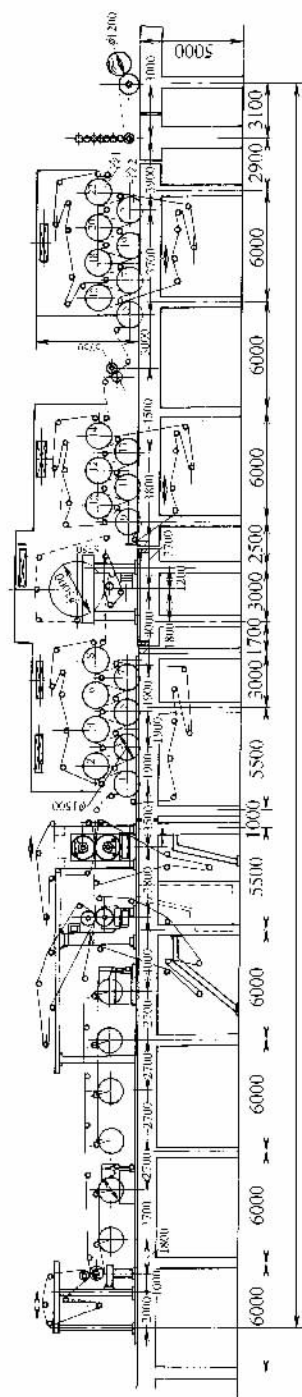


图 10-14 2400 多圆网多缸 (施胶) 牛皮箱纸板机配置图例

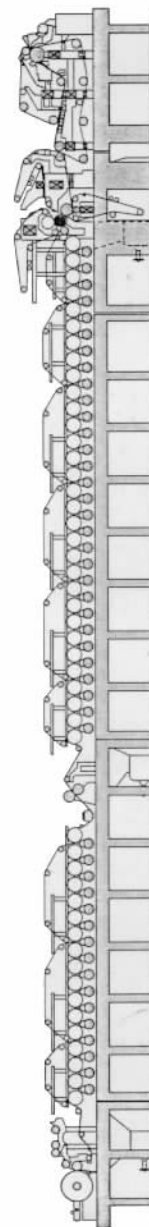


图 10-15 9 号纸机配置图

该机生产瓦楞芯纸，设计定量为  $75 \sim 110 \text{g/m}^2$ ，网宽  $8100 \text{mm}$ ，设计最大操作车速为  $1450 \text{m/min}$ 。整台纸机由福伊特公司提供，设备组成主要有如下几部分：配有 ModuleJet™ 稀释水控制器的 MasterJet™ G 流浆箱可确保最优的横幅定量；利用稀释水技术可用横向控制调整最佳的纤维排列角度；为生产纸板和包装纸而设计的 DudormerThA Base 成形器首次用于这样高速纸机的生产，此成形器在保证可控的高滤水性和良好的成形性方面充分发挥了纤维的潜力；压榨部采用成熟的靴型压榨技术，在 DuoCentri NipcoFlex™ 压榨部的纸幅处于完全封闭运行状态，这样可保证纸尽可能达到最高的干度，最好的强度指标，及良好的纸机运行性；紧凑的夹网成形器设计和靴式压榨布置减少了占地的要求，因而也降低了纸机厂房的成本；纸页的质量和纸机运行性能是干燥部首要考虑的因素，整个干燥部采用了单排布置概念，并配有 DuoStabilizer™ 稳定器，它由预干燥和后干燥两个部分组成，而且安装了无绳引纸装置和低维修的喷射水式尾纸割刀，这样确保在两个干燥部纸幅可安全、快速地引纸，为了除去干燥部合成网上的杂质还在预干燥部前四组烘缸安装了 DuoCleaners™ 干网清洗装置，为了提高纸的强度，利用 SpeedFlow™ 装置进行表面施胶，然后纸幅通过无接触的气垫转向装置被送至后干燥部；Sirius™ 卷纸机保证在整个卷曲直径过程精确地控制线压力，最高的卷曲效率（纸卷直径为  $3900 \text{mm}$ ），而且损纸量最低；在 SpeedFlow™ 施胶装置和 Sirius™ 复卷前，安装有 Fibron 引纸系统，以利于纸幅的快速传递。本纸机的配置为图 10-15 所示。

## （二）土耳其的 Modern karton 纸厂的挂面板/瓦楞纸机

1999 年开车的 3 号纸机重要参数：净产量：200000t/年；网宽：5730mm；设计车速：1300m/min；产品：瓦楞纸、强韧箱纸板和白色挂面纸；定量： $90 \sim 175 \text{g/m}^2$ ；配料：100%废纸；操作纸机车速：1000m/min；设计纸机车速：1300m/min；分区稀释型阶梯扩散流浆箱；DK 型成形器；单双排混合干燥；Speedflow 施胶机。

网部：网部由两长网组成长网抄造纸板底层，上长网抄造纸板外层挂面。上长网的布置背对纸机运行方向，其抄造的面层经复合辊复合到底层上。这两层浆料由 StepDiffusor™ 网前箱供给，其配有脉冲衰减器，而且纸板底层的网前箱还装有稀释水控制器，这主要是由于此层纸页的定量较高，安装稀释水控制器可使纸页的横幅定量保持均匀。因为在纸机横向范围内，可单独调整稀释水的用量，以减少纸的横幅定量差。抄造纸板面层的长网纸机配有 Dudormer™ D/K 成形器，利用这种混合成形器，纸页中 30% 左右的水分可通过顶网部滤掉，而且通过单独调整脱水板的压力来改善纸页成形。

压榨部：压榨部采用 DuoCentri Nipconex™ 压榨，这种压榨装置完全符合包装纸机生产的产品及纸机速度的需要。纸幅经过真空引纸辊后，再通过有两个压区的真空压榨辊（压力大约为  $100 \text{kN/m}$  和  $120 \text{kN/m}$ ）。第三压区采用 NipcoFlex™ 靴型压榨，线压力可达到  $1200 \text{kN/m}$ ，这种设计可以取得最大的纸幅干度，而且能优化纸幅质量，无需开放式引纸，这样保持纸幅具有良好的运转性能。在引纸过程中，把整个纸幅从网面上吸移后，引入压榨部，利用安装在 NipcoFlex™ 压榨区平滑辊上的气垫剥离刮刀使损纸直接进入压榨部的损纸碎浆机内。为安全起见，该刮刀系统还备有另一套气动可调刮刀，以保持辊面清洁，同时防止第一刮刀出现问题时，靴型压榨装置、压榨套筒或毛毯等被损坏。

干燥部：干燥部的前 14 个烘缸是单层排列的，配有孔衬辊的 DuoRun™ 装置与提供真空的 DuoStabilizer™ 稳定器结合使用，可使纸幅在最大纸机车速条件下平稳运行。预干燥部的其余烘缸被分成两组，而且是双层排列的，两层烘缸的导纸辊的排列是不对称的，这样可

为稳定箱提供足够的空间。这些稳定箱可使离开烘缸的纸幅处于平稳状态。烘缸间的袋区利用装在刮刀架上的吹风管，全幅宽内把干风吹进袋区，这样确保水分的排出得到控制。后烘缸部由三组烘缸组成，第一组有五个单层烘缸，第一缸表面镀铬，第二组缸为双层布置烘缸。同时还配有与预干燥部相似的部件，因此可保证纸机具有良好的运转性能。整个干燥部（除了薄膜压榨）配有无引纸绳的引纸系统，其利用安装在刮刀上面的空气喷嘴在烘缸间进行引纸操作，这个系统引纸方便，因此可大大提高纸机的运转性能，并降低操作费用（不需引纸绳）。

薄膜压榨：福伊特公司 Speedsizer™ 装置用于淀粉施胶，（辊径 1300mm）使施胶得到控制，其施胶浓度最大可得到 13%，这样可节约后部烘缸组的能耗。

压光机：在卷纸机之前，布置有一个 2 辊硬压光机，进行纸页表面处理。

卷纸：福伊特公司 TR125 卷纸机带有装四个空卷纸轴的纸轴架，该卷纸机为完全自动更换纸卷，其最大纸辊径可达 3500mm。

本纸机的配置如图 10-16 所示。

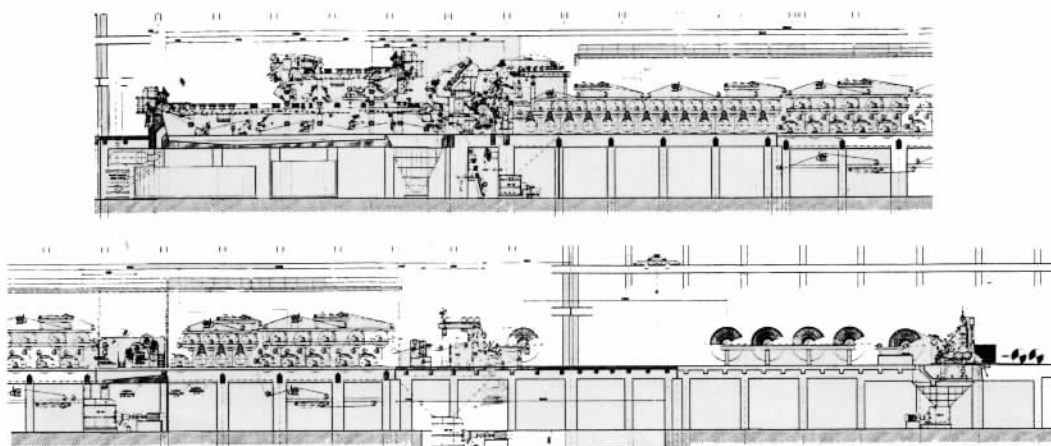


图 10-16 3 号纸机配置图

（三）澳大利亚 Brisbane（布里斯班）的 Visy Paper 纸板厂 VP8 纸板机

用于生产高耐破纸板和瓦楞纸板芯层的纸板机。

该纸板机是 1996 年由福伊特苏尔寿制造。生产定量  $113 \sim 275 \text{g/m}^2$ ；卷取机的最大幅宽：2950mm；实际车速：1000m/min；纸板机最大生产能力：537t/24h；复卷机生产能力：511t/24h；最大生产能力：23t/h（定量为  $150 \text{g/m}^2$  的纸板）。

纸机使用 DuoFormer CFD 成形器，定量可增加到  $275 \text{g/m}^2$ 。压榨部包括线压为  $80 \text{kN/m}$  的一个小型压榨和线压为  $220 \text{kN/m}$  的一个大直径压榨，第三压区为一个线压可加到  $1100 \text{kN/m}$  的 NipcoFlex 压榨，这种设计便于在项目的第二阶段将压榨部改造为二道 NipcoFlex 压榨。

烘缸部有 52 只烘缸，前面为单排烘缸，后面为双排烘缸。烘缸部用一施胶压榨平分隔开，施胶压榨将淀粉施加到纸页表面以提高强度性能。完成部包括复卷机和自动卷纸输送机贴标签系统，也包括将纸卷输送到成品库的设备。图 10-17 表示了本纸机的配置。

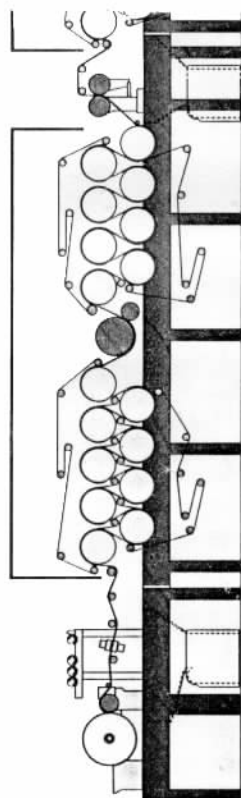
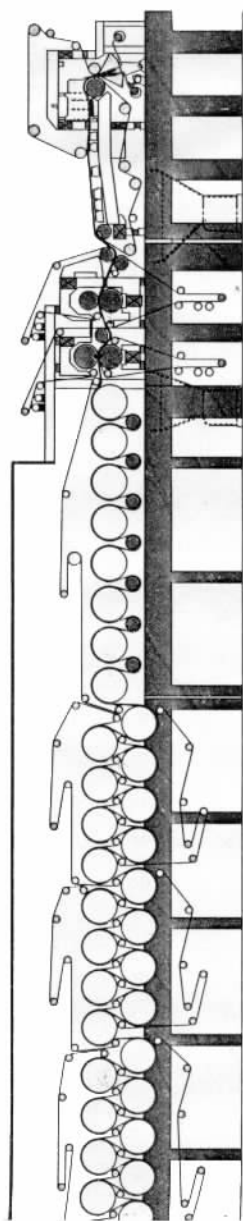


图 10-17 Visy Paper8 纸板厂的 VP8 纸板机

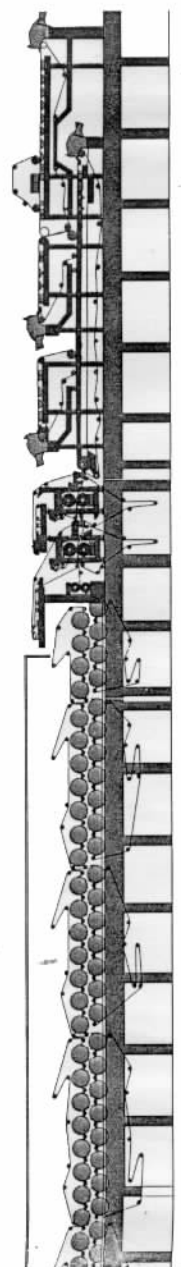
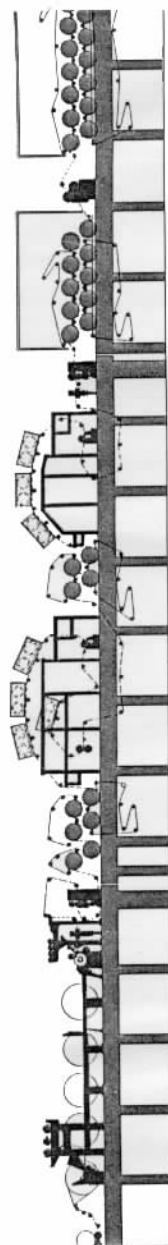


图 10-18 涂布纸板机配置图

#### (四) 3200mm 年产 10 万 t 涂布纸板机 (维美德西安)

纸种: 涂布白纸板; 定量范围:  $230 \sim 350 \text{ g/m}^2$ ; 通常定量:  $230 \text{ g/m}^2$ ; 产量:  $400 \text{ t/24h}$ ; 网宽:  $3700 \text{ mm}$ ; 卷纸机上纸宽:  $3300 \text{ mm}$ ; 最高工作车速:  $350 \text{ m/min}$ ; 设计车速:  $400 \text{ m/min}$ 。

该纸机采用匀浆辊气垫式流浆箱、多长网成形技术、典型的纸板机压榨系统、密闭气罩、袋通风等。本纸机的配置及外形图分别为图 10-18 及图 10-19 所示。

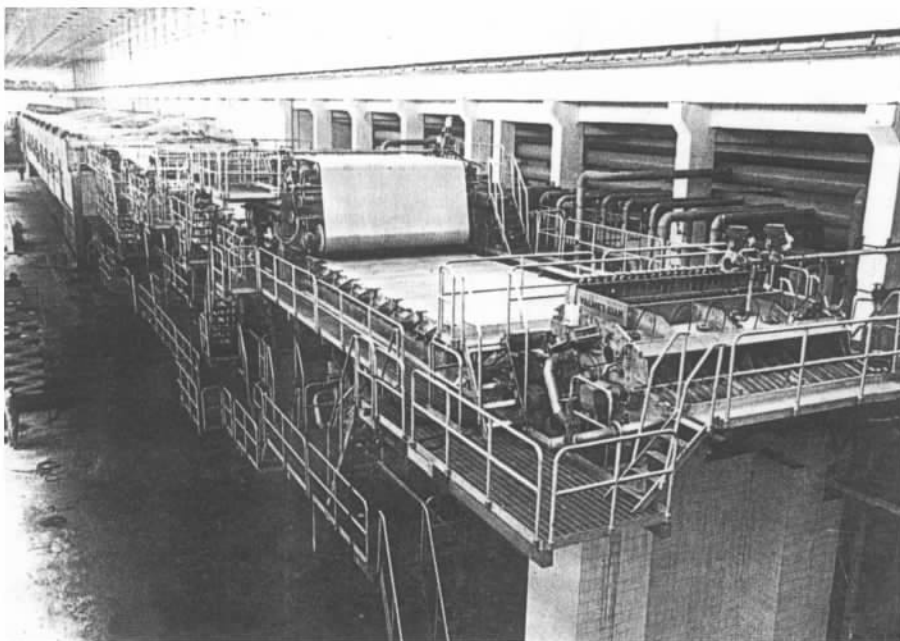


图 10-19 纸机外形图

### 第四节 生活用纸设备

#### 一、现代卫生纸机

##### 1. 杨克卫生纸机

本纸机为在薄页纸机上成功应用靴型压榨的试验纸机, 比较典型。

该机最高车速:  $2000 \text{ m/min}$ ; 幅宽:  $1000 \text{ mm}$ ; 理论产量:  $30 \text{ t/d}$ ; 杨克烘缸直径:  $3660 \text{ mm}$ ; 成形器: 新月成形器或 Duo Former<sup>TM</sup> 成形器; Nipco Flex 靴形压榨。图 10-20 为这一纸机的配置示意图。

##### 2. 现代的薄页纸机 (2000 年)

设计产量:  $53 \text{ t/d}$ ; 纸种: 薄页纸; 定量: 网上克重:  $14 \text{ g/m}^2$ ; 卷纸机上克重:  $17.5 \text{ g/m}^2$ ; 网宽:  $2450 \text{ mm}$ ; 卷纸机上纸宽:  $2400 \text{ mm}$ ; 最大传动速度:  $1100 \text{ m/min}$ ; 设计速度:  $1100 \text{ m/min}$ 。图 10-21 为这一纸机的配置示意图。

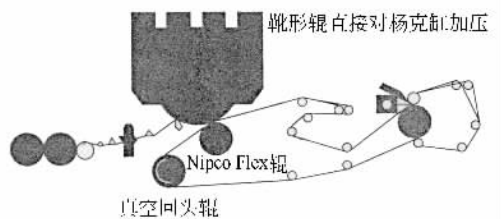


图 10-20 杨克卫生纸机配置示意图

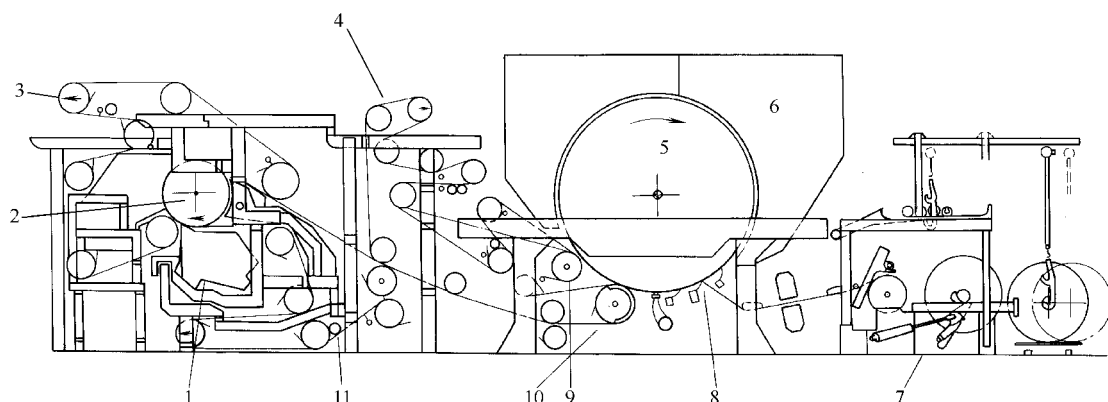


图 10-21 薄页纸机配置图

1—流浆箱 2—成形辊 3—外网 4—引纸毛毯 5—杨克烘缸 6—热风箱罩子  
7—卷纸机 8—压边刀 9—第二道压榨 10—第一道压榨 11—内网

## 二、其他生活用纸设备

### (一) 擦手纸和湿纸巾设备

#### 1. 擦手纸三折叠机设备特征及结构

(1) 设备特征。设备型号：MTF-3 型；产品尺寸：纵向 240mm×横向 237mm；折叠尺寸：(79~81) mm×(237±2) mm；加工速度：0~80m/min。加工用原纸（盘状卷纸）：定量：35~60g/m<sup>2</sup>；宽度：(474±1) mm；最大直径：1100mm。动力：主电机 7.5kW（可调速）1 台；风泵：1 台，配套电动机 15kW；压花装置：1 套。

(2) 设备结构示意图如图 10-22 所示。

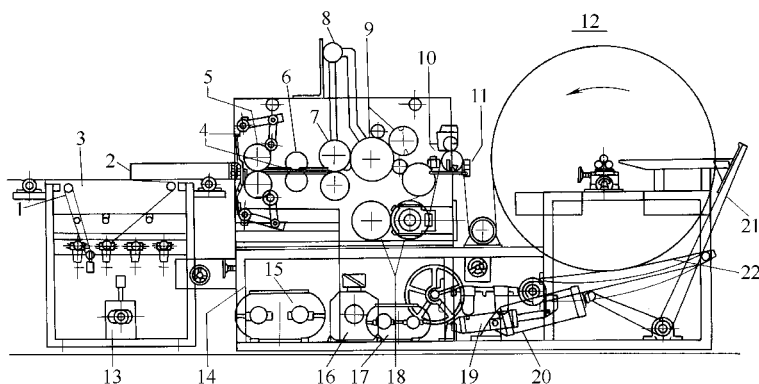


图 10-22 擦手纸设备示意图

1—卸料皮带 2—停止顶板 3—卸料台限制器 4—导轨盘轮 5—支撑装置 6—喂料传动辊  
7—1/3 上折叠部 8—抽气室 9—切纸机 10—切刀 11—计数标志 12—退卷 13—卸料皮带减压器  
14—操作台 15—花辊减压器 16—主电动机 17—喂料皮带减速器 18—石/铁花辊  
19—喂料皮带气缸 20—起重气缸 21—原纸辊基座 22—原纸辊喂料皮带

(3) 设备用途及产品的使用：该设备是生产擦手纸的专用加工机械。对原纸可完成压花、三折叠、挂钩、计数等操作。加工好的产品，经人工装盒入箱。消费者使用时，将一盒

产品从盒内取出，装入一铁盒（或纸盒）。铁盒下段中间有一个长 250mm、宽 5mm 到 8mm 的窄缝，窄缝外露纸头。每次使用时，将纸头向外扯，这张纸便会被扯出来。同时，下一张的纸头会自动露在铁盒的窄缝外待用。

## 2. 湿纸巾设备特征结构

(1) 设备特征型号：SPM-2693；产品的纸张尺寸：230mm×178mm；折叠尺寸：115mm×50mm；包装后成品尺寸：165mm×60mm；生产能力：70~100 包/min（每包内装 1 片）。加工用原纸：定量：(26±2) g/m<sup>2</sup>，各项指标应符合湿纸巾原纸的标准；设备尺寸：5950mm×1865mm。动力：主电动机 1.5kW（直流调速电动机）；加热器 11kW。

(2) 设备结构示意图如图 10-23 所示。

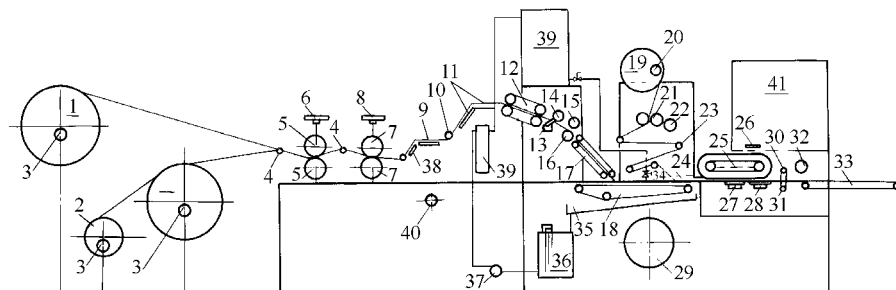


图 10-23 湿纸巾设备结构示意图

- 1—原纸 2—PE 薄膜 3—横向平衡调节钮 4—松紧辊 5—层压辊 6—调节轮 7—花辊 8—调节轮 9—第一纵向折叠机 10—松紧辊 11—第二纵向折叠机 12—折叠纸幅喂料机 13—底刀 14—飞刀辊 15—横向折叠辊 16—横向压紧辊 17—橡胶环压紧传送机 18—链式传送机 19—PP 膜 20—横向平衡型调节钮 21—PP 膜喂料辊 22—PP 膜松紧调节 23—松紧辊 24—包装袋成形装置 25—刷式传递皮带 26—调节钮 27—下密封器密封辊 28—下密封器 29—手轮 30—上刮刀密封 31—下刮刀密封 32—传低辊式毛刷 33—卸料传送机 34—香水调节阀 35—香水收集盘 36—香水收集槽 37—水泵 38—香水过滤器 39—香水供给槽 40—纸幅张力控制 41—配电盘

## (二) 纸尿裤设备

意大利 FAMECCANICA 公司的 COLUMBUS 型多功能纸尿裤生产线。

(1) 设备特征。产品为一次性卫生纸尿裤。工作速度：600 片/min (300m/min)；空气耗量：5800L/min；工作压力：0.6MPa；生产线外形：34120mm×4400mm×3100mm；质量：5t；电源：DC220V 50Hz；功率：380kW；纸尿裤尺寸：370mm×250mm。

(2) 设备配置如图 10-24 所示。

## (三) 卫生巾设备

(1) 日本东亚机工株式会社制造的 TSN-300 型卫生巾生产线中的成型机结构示意图如图 10-25 所示。

(2) 国产的 SC/88 型卫生巾包装机结构示意图如图 10-26 所示。

(3) PX-HY-180 型卫生巾生产流水线。

① 设备特征：产品：卫生巾；生产能力：妇女卫生巾 250 片/min；功率：28kW；外形尺寸：10300mm×2100mm×2000mm。② 设备外形图如图 10-27 所示。

## (四) 卫生护垫设备

PX-WHD-450 型护垫生产线：① 设备特征：生产线用途：该机是专生产妇女卫生护垫的生产线；外形尺寸（长×宽×高）：3800mm×2300mm×2100mm；调速电机：12kW；生

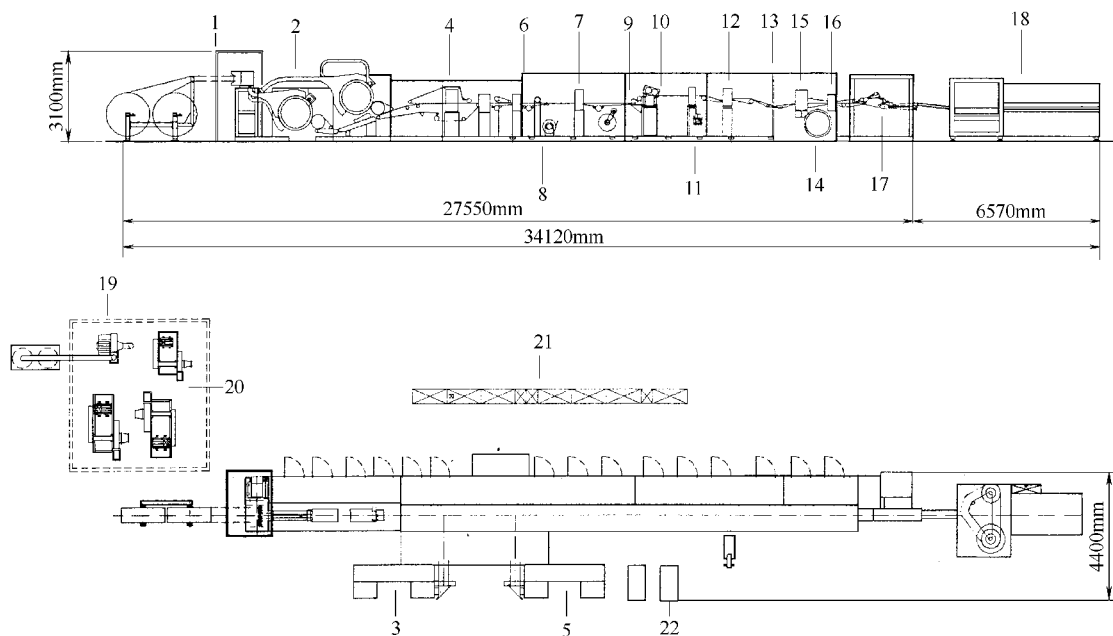


图 10-24 COLUMBUS 型多功能纸尿裤生产线示意图

- 1—纸浆纤维成形器 2—绒毛垫成形器 3—卫生纸卷展开装置 4—衬垫填充装置 5—无纺布卷展开装置  
6—衬垫切片机 7—棉网装配压花机 8—侧翼松紧带安装装置 9—棉网拉伸填充装置 10—松紧带安装装置  
11—棉网导向器 12—网边成形器 13—棉网经向折叠机 14—塑料卷展开装置 15—棉网拉伸压榨装置  
16—棉网切片机 17—成品折叠机 18—计数包装器 19—消音盒 20—真空集尘风扇  
21—主电力控制箱 22—粘胶系统

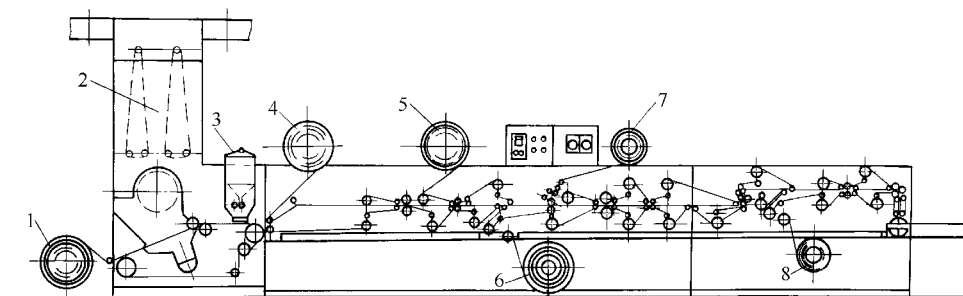


图 10-25 TSN-300 型卫生巾生产线的成形机结构示意图

- 1—衬纸 2—绒毛浆料仓 3—吸水树脂计量槽 4—吸水纸 5—防水纸 6—无纺布 7—双面粘胶带 8—小包装用的塑膜

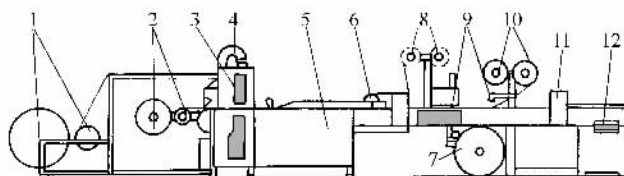


图 10-26 SC/88 型卫生巾包装机结构示意图

- 1—卷筒绒毛浆 2—卷筒衬纸 3—贮料仓 4—吸尘风管 5—传送台 6—第一回转切刀 7—无纺布  
8—塑料薄膜 9—施胶机 10—离型纸 11—整理 12—出口



产速度：200~400 片/min；产品规格：外形尺寸及花样可由用户自行选择；主机重：2.3t。

② 设备外形图如图 10-28 所示。

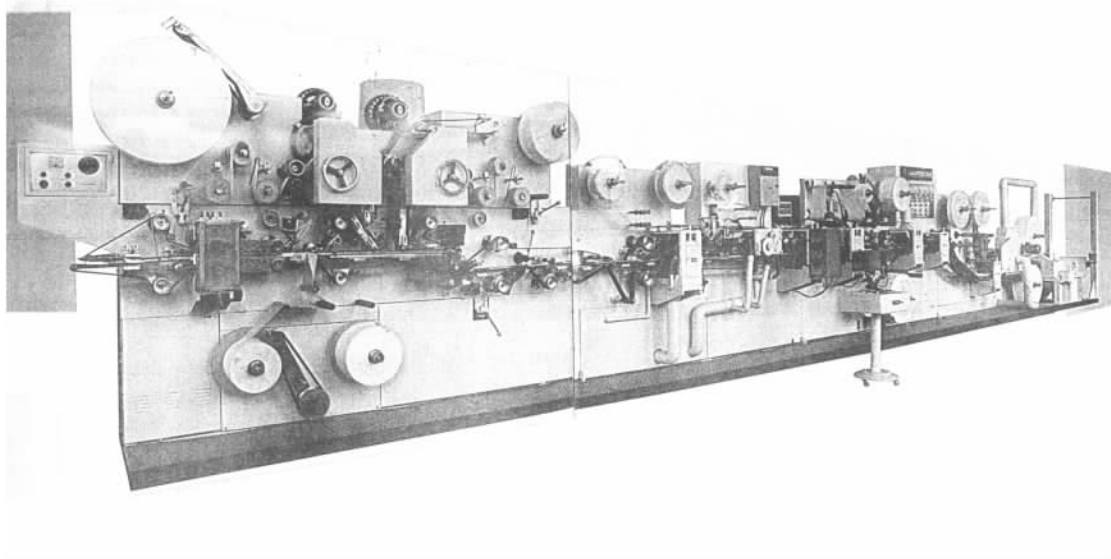


图 10-27 PX-HY-180 型卫生巾生产流水线设备外形图

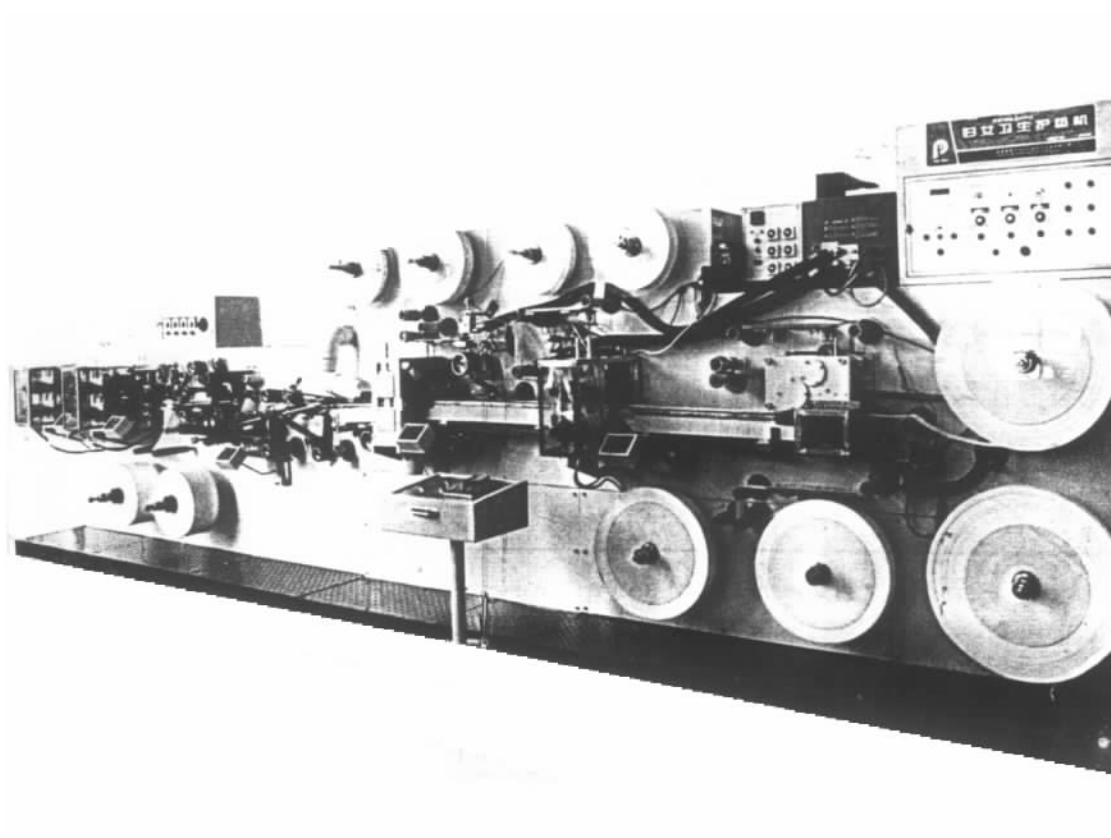


图 10-28 PX-WHD-450 型护垫生产线设备外形图

## 第五节 加工纸及特种纸设备

### 一、传统的加工纸及特种纸设备

#### (一) 2400 长圆网多缸（施胶）机内涂布白板机

用于生产  $200 \sim 450 \text{g/m}^2$ （包括涂布层）的单面灰底涂布白板纸。

净纸宽度：2400mm；工作车速：35～82m/min；传动车速：95m/min；公称产量：50t/d；涂布量：预涂  $6 \sim 8 \text{g/m}^2$ ，面涂  $10 \sim 12 \text{g/m}^2$ ；轨距：长、圆网 3300mm，压榨部 3600mm，烘干部 3400mm；外形尺寸（长×宽×高）：115660mm×11745mm（换网宽 14395mm）×5750mm；布置形式：分部传动。

流浆箱：单侧方锥管进浆开启式流浆箱，凡与浆料接触部分均用不锈钢制造并抛光；长网部：采用悬臂式换网网案，网案长 6m，使用铜网或聚酯网，真空伏辊直径 650mm；圆网部：圆网笼直径 1250mm，5 个采用高效整流圆网成形器，真空伏辊直径 650mm，1 个，圆网上伏辊直径 380mm，气动加压，真空伏辊压榨一道，上辊直径 450mm，下辊直径 690mm，采用气动加压，线压力 50kN/m，每两个圆网间设有一个喷胶管，以利纸板的层间结合，5 套；压榨部：采用一道真空压榨，一道大辊径宽压区压榨，一道光泽压榨，线压力分别为 90kN/m，220～250kN/m 和 50kN/m，真空压榨，光泽压榨采用气动加压，宽压区压榨采用液压加压，真空压辊直径为 900mm，1 套，真空压榨上辊直径 850mm，1 套，宽压区压榨上、下辊直径 1320mm，各一套，光压上辊为花岗石辊直径 650mm，光压下辊，铸铁包胶直径 650mm，1 根；烘干部：烘缸直径 1500mm 共 30 个（其中两只冷缸），均采用干网，烘缸分组 8-10-施胶机-6-涂布-4+2（冷缸）-光泽压光机，施胶后头两个烘缸为镀铬缸，另外，冷缸全部为镀铬缸，引纸辊直径 244mm，6 套（其中弹簧引纸辊 3 套），采用闭式齿轮传动；冷缸部：包括 2 个镀铬缸、2 个引纸缸、2 把移动刮刀、冷缸传动、机架、引纸绳部分、走台等；汽罩部：开式汽罩，气罩顶部有保温板；传动部分：采用直流电动机分部传动，可控硅调速，25 个主传动点（未包括交流电动机传动点）；润滑油系统：该系统供烘干部烘缸轴承及光泽压光机热辊轴承、冷缸轴承和传动齿轮系齿轮及轴承的润滑，本系统包括油站和输油管路；液压系统：该系统供宽压区压榨操作使用，包括油站和输油管路；压缩空气系统：供长、圆网部，压榨部加压及各用气点用气及纸机内的所有送气管路；涂布部：分两段涂布，第一段为预涂，采用计量棒涂布头，热风箱干燥；第二段为面涂，采用气刀涂布头，热风箱干燥，涂布头由用户引进，上下送纸辊直径 350mm 各 1 套；五辊压光机：采用西维公司 XQZ1213 2-2362 五辊压光机。

图 10-29 为本造纸机的配置图。

#### (二) 2400 三长网多缸（施胶）机内四涂布白板机

用 100% 废纸生产  $180 \sim 360 \text{g/m}^2$  高级双面涂布白板纸。

净纸宽度：2400mm；产量：125t/d；设计车速：350m/min；工作车速：93～197m/min；传动方式：可控硅分部传动；轨距：3450mm；布置形式：两层楼布置，底层高 6000mm。

流浆箱：采用维美德公司双匀浆辊气垫式流浆箱，维美德公司技术、西维公司制造，也可由用户引进国外流浆箱；长网部：采用长网成形，底网长 6m，中网长 12.8m，顶网长

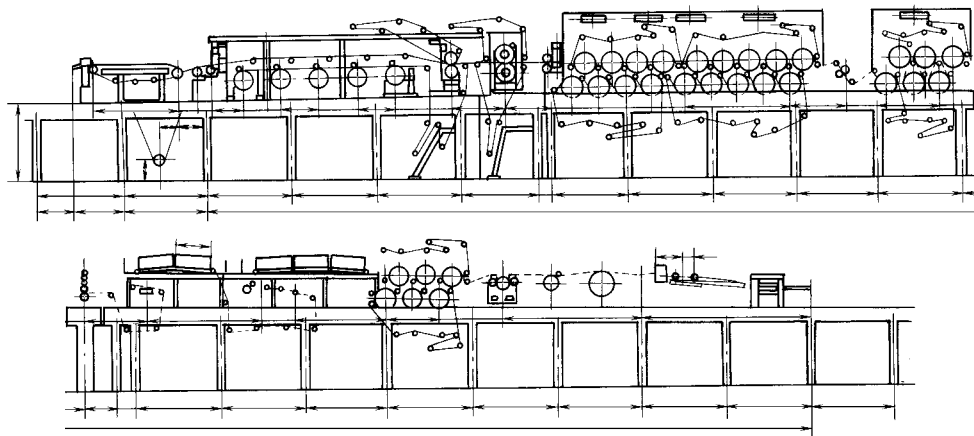


图 10-29 2400 长圆网多缸（施胶）机内涂布白纸板机设备配置图

6m，采用悬臂式机械换网，自动校正，恒张力紧网、高压移动喷水管洗涤网案配有单片脱水板、多片脱水真空脱水板、真空吸水箱、高真空吸水箱、水印辊，其中真空伏辊、转移辊、转移辊提升装置、张紧器、校正器、喷水管喷嘴和摆动器由用户引进也可以由西维公司制造；压榨部：采用两道盲孔正压榨，盲孔辊直径为 1025mm，毛毯自动校正，高压喷水管和吸水箱洗涤；烘干部：直径为 1500mm，烘缸 47 只，冷缸 2 只（镀铬），其中施胶前 29 只，施胶后 2 只镀铬缸、10 只烘缸，涂布机镀铬烘缸直径 1500mm，8 只（其中 2 只为冷缸）；烘干部采用干网、干网自动校正，张紧，其中传动大齿轮尼龙齿圈由用户引进；施胶机：采用列式表面施胶机，上压辊直径 600mm，下压辊直径 615mm；汽罩部：采用密闭汽罩；涂布部：采用计量棒涂布 2 套，气刀涂布 2 套，组合式涂布机 1 套，涂布头由用户引进，热风干燥箱 7 套；电器控制系统（由用户引进）；其他配有中心润滑油、袋通风、热回收、供风、排风系统等；2400mm 二辊压光机（两台）、2400mm 纸板卷纸机（一台）、2400mm 双刀切纸机（一台）、2400mm 纸板复卷纸机（一台）。

图 10-30 为本造纸机的配置图。

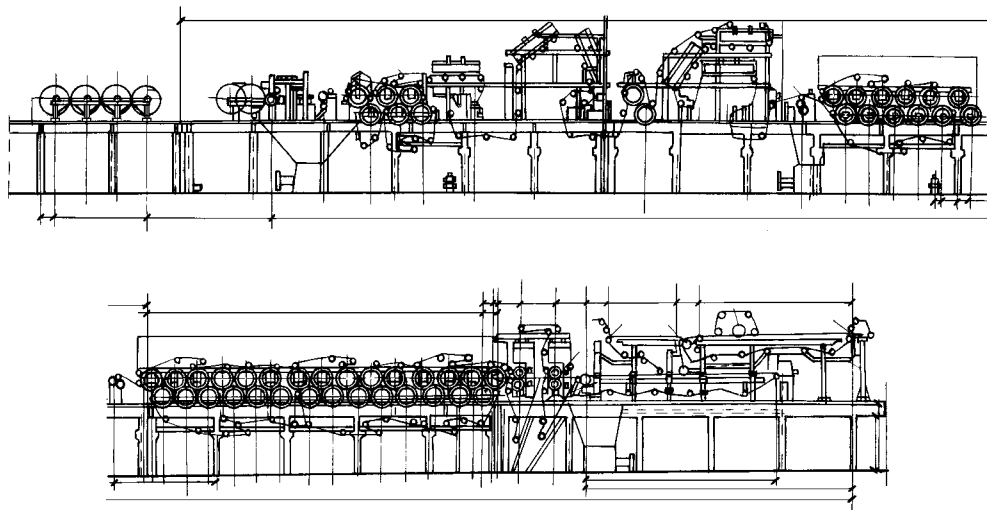


图 10-30 2400 三长网多缸（施胶）机内四涂布白纸板机示意图

### （三）钢纸的生产设备

钢纸是一种变性加工纸，用氯化锌溶液对原纸进行浸渍（胶化）处理制成，其基本生产

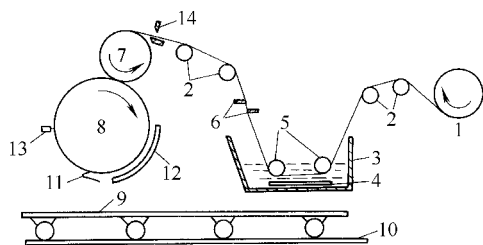


图 10-31 间歇式胶化机示意图

- 1—钢纸原纸 2—导纸辊 3—胶化槽  
4—盘管式热交换槽 5—浸渍导辊 6—不锈钢刮纸刀  
7—碾压烘缸 8—成形烘缸 9—平板接纸车  
10—轨道 11—刮刀 12—脱盐板  
13—割纸刀 14—锯齿断纸刀

流程如图。平板钢纸可用间歇的或连续的生产设备，间歇生产中采用单台的间歇式胶化机、脱盐槽、洗刷机、干燥烘房等设备。这些设备的幅宽一般在 1000mm 左右，车速仅为 10~20m/min。间歇式胶化机如图 10-31 所示。

连续式生产设备是各种间歇生产中使用的设备的衔接与改进。平板钢纸连续式生产设备如图 10-32 所示。

### （四）奥地利的 SAPPI Gratkorn 厂（三星纸业）高级涂布文化纸机

三星纸业 11 号纸机，其配置如图 10-33 所示。

网宽：9250mm；设计速度：1500m/min；  
产品：高级涂布文化纸；定量：66~116g/m<sup>2</sup>；产量：470000t/年；开车时间：1997 年；  
横向分区稀释型流浆箱；CFD 型夹网成形器；中高靴式四辊压榨和四压；高速施胶机；两个高速涂布机；全球最大的 Sirius 卷纸机。

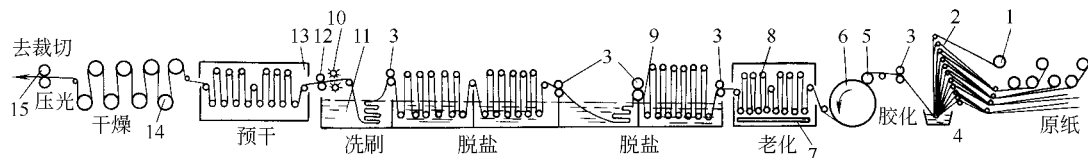


图 10-32 平板钢纸连续生产设备示意图

- 1—钢纸原纸 2—牵引辊 3—牵引辊 4—胶化槽 5—牵引辊 6—成形烘缸 7—蒸汽管  
8—老化 9—脱盐槽 10—鬃毛刷辊 11—洗刷机 12—牵引压榨 13—热风预干燥室  
14—干燥烘缸 15—双辊压光机

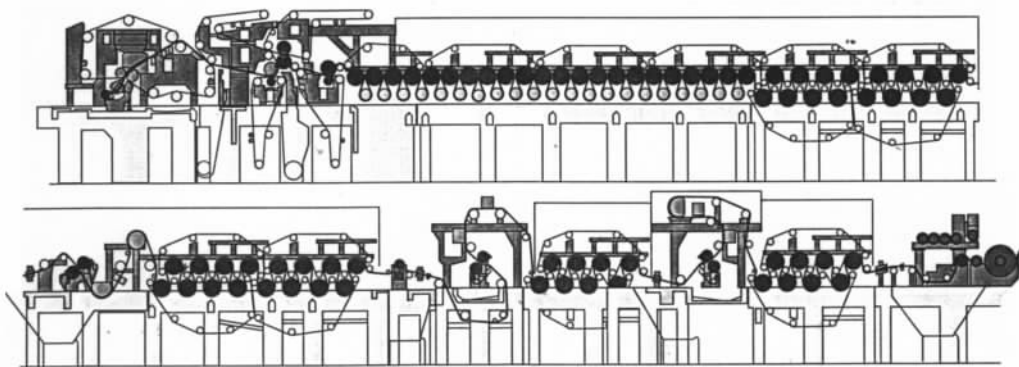


图 10-33 涂布文化纸机示意图

### （五）毡纸的生产设备

油毡纸也称纸机油毡，是以原纸为基材经过沥青浸渍加工，软化点温度高的沥青的浸渍

涂布和滑石粉浆的浸渍涂布制成的加工纸。基本生产流程可由图 10-34 所示的油毡纸机示意图来表示。沥青浆、液及滑石粉浆的制备都采用常见的夹层保温搅拌贮槽等设备。油毡纸机的幅宽一般为生产 1000mm 宽的油毡纸。

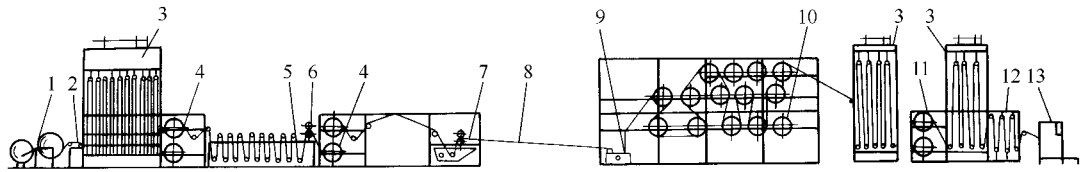


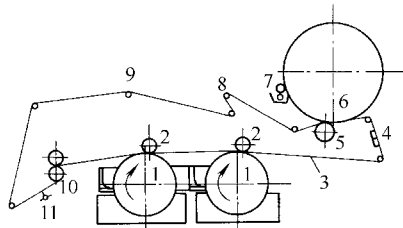
图 10-34 油毡纸造纸机布置图

- 1—退纸架 2—电热续纸器 3—补偿贮纸器 4—加热烘缸 5—沥青浸渍槽及升降引纸辊 6—牵引压榨辊  
7—沥青浸渍涂布器 8—冷却空间 9—滑石粉浆浸渍涂布器 10—冷却缸组  
11—牵引缸 12—补偿贮纸器 13—轴式卷毯机

### （六）长纤维纸造纸机

长纤维纸主要指用韧皮长纤维抄造的纸。长纤维造纸机与一般造纸机的主要差异是在网部的结构配置上的不同。目前国内长纤维纸造纸机的形式主要有侧流式圆网造纸机、打浪式长网造纸机和斜网式长网造纸机，也有采用长圆网混合型造纸机的。后者可生产长纤维和合成纤维按一定比例分别抄造并层合的特种纸。长纤维特种纸往往在抄造后还要经过进一步加工制成蜡纸、茶叶袋滤纸、咖啡滤纸等成品，故多用适当型式的卷纸机卷成纸卷，以便在其后的加工机械进一步加工处理。

侧流式圆网造纸机如图 10-35 所示，其主要特点为配用了侧流式网槽。这种网槽是两个



圆网笼和两个网槽成对配置的，浆料在连通两个网槽两侧的循环回流流道中流动，在其流动过程中加入补充的新浆和冲浆的白水。当流至网面时浆料就通过侧向滤水上网，这时浆料流动方向与圆网转动方向相互垂直，因此浆料流速与圆网转速对成纸的影响极大。

## 二、现代的加工纸及特种纸设备

图 10-35 侧流式圆网造纸机

长纤维纸造纸机示意图

- 1—圆网笼 2—伏辊 3—毛毯 4—吸水箱  
5—托辊 6—烘缸 7—施胶辊 8—张紧辊  
9—校正辊 10—毛毯压榨 11—打毯器

### （一）广州造纸集团公司

广州威达高造纸有限公司从奥地利 VOLTH 公司引进的涂布白板机，其配置如图 10-36 所示。纸机抄宽为 3450mm，车速为 600m/min。该机具备 20 世纪 90 年代后期世界先进水平，年生产能力达 12 万 t。

技术数据：① 白卡纸：抄宽：3450mm；车速：最大 500m/min；定量：180~250g/m<sup>2</sup>；产量：423~450t/d。② 涂布白板纸：抄宽：3450mm；车速：最大 560m/min；定量：180~250g/m<sup>2</sup>；产量：390~490t/d。

### （二）瑞典 SCA 集团 Ortvisken 厂的低定量涂布纸机

瑞典 SCA 集团 Ortvisken 厂的 4 号纸机。其配置如图 10-37 所示。

网宽：8600mm；设计速度：1400m/min；产品：低定量涂布纸；定量：50~70g/m<sup>2</sup>；产量：250000t/年；开车时间：1996 年；分区稀释型水力流浆箱；CDF 夹网成形器；四辊复合压榨；混合带热风装置的干燥部。

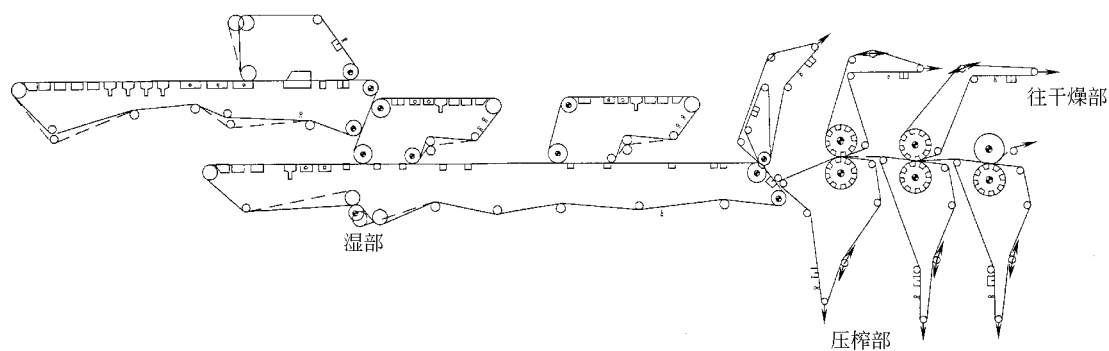


图 10-36 高档涂布白板机工艺流程

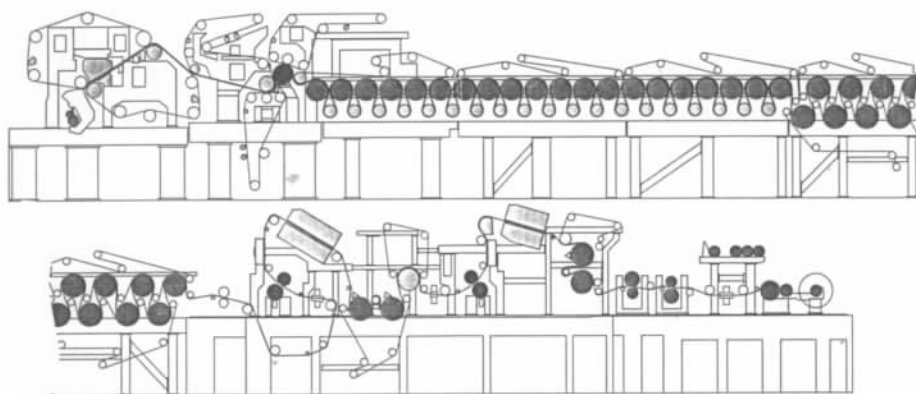


图 10-37 低定量涂布纸机配置图

4 号纸机装有 Modulejet 网前箱、DuoFormet CFD 成形器、带三个压区的 DuoXentri II 形压榨、Combi-DuoRun 预烘缸部、硬压区压光机、带中心轴的 DuoReel 以及涂布和压光方面的许多先进设备。

在试车头几个月的运行过程中，运行速度为 1000~1090m/min 之间，以后又有了进一步的提高，达到 1240m/min 以上。通过选择最佳的辊子包层可以保证高质量涂布的横幅分布均匀性，而且由于使用 Modulejet 流浆箱，原纸就具有极好的横幅定量分布，横幅的定量偏差的  $2\sigma$  仅为 0.15%。

低定量涂布质量好的两面差是一个很重要的设计参数，借助于软压光机，对在第三压区形成的两面粗糙性，可由第一道软压光校正较粗糙的一面。

传统的低定量涂布纸生产线生产出来的纸卷在涂布和压光前必须复卷。复卷所用的时间通过提高 15%~20% 的涂布速度来补偿。后面整饰压光机的速度达不到涂布的速度，只能通过增加超级压光机的数量来满足生产能力。另外，涂布和压光处的纸幅断头或其他问题都会影响卷纸过程，甚至引起纸机停机，像 Oritviken4 号纸机的在线纸机就不存在上述问题，因为纸的生产、涂布和压光是一个连续的过程。

### (三) 特种纸板机 (维美德西安)

纸种：NCR 原纸，CF 纸，预热布热敏传真纸，水印证券纸；产量：153t/24h (47g/m<sup>2</sup> NCR 原纸)；定量：30~115g/m<sup>2</sup>；网宽：3850mm；卷纸机上纸宽：3320mm；净纸宽：

3240mm；工作车速：800m/min。

该纸机采用水力式流浆箱、长网成形。如图 10-38 所示。

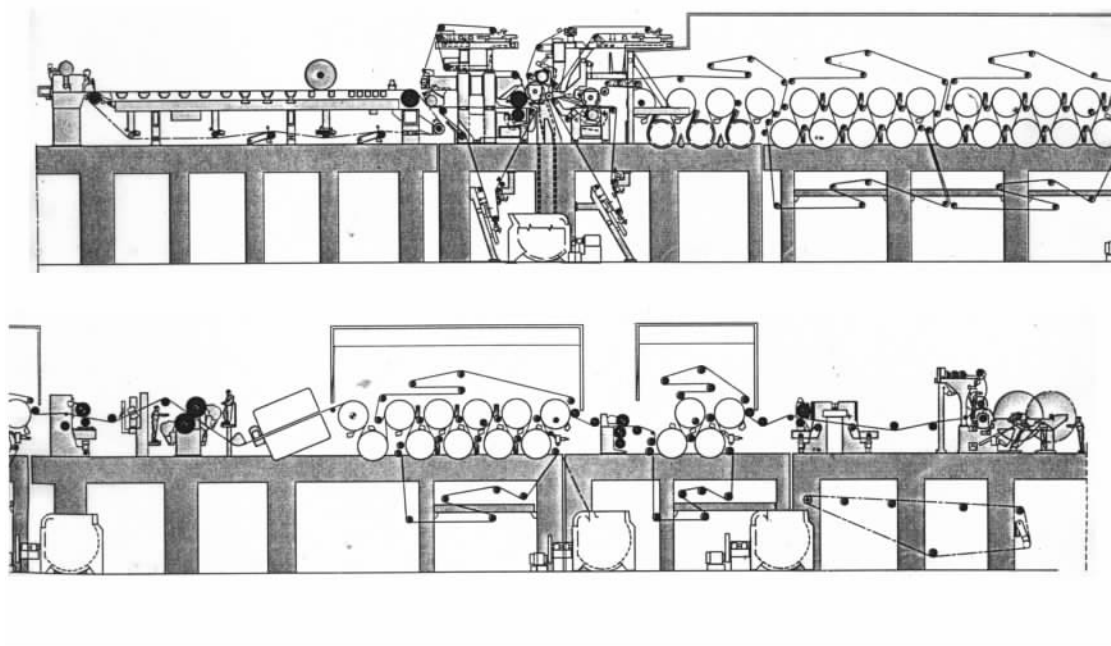


图 10-38 特种纸板机（维美德西安）

#### （四）瑞士 Perlen 厂低定量涂布纸机

瑞士 Perlen 厂的 4 号纸机。

网宽：5900mm；设计车速：1500m/min；产品：低定量涂布纸；定量：40~65g/m<sup>2</sup>；产量：190000t/a；开车时间：2000 年；分区稀释型水力流浆箱；TQ 夹网成形器；串级靴式压榨；双向稳定器单排烘缸干燥。

### 参 考 文 献

1. G. A. 斯穆克. 制浆造纸工程大全. 第一版. 曹邦威译. 北京：中国轻工业出版社，2001
2. 维美德西安造纸机械有限公司产品目录，2001
3. Ingolf Cedra. Lang Papier 5 号纸机-生产 SC 纸的新的在线概念. 造纸技术杂志，2000（11）
4. Herbert Ortner. Bowater Halla——世界上效率最高的新闻纸厂之一. 造纸技术杂志，2000（7）
5. 福伊特苏尔寿公司产品介绍. 用在中国大港的高级文化纸机. 福伊特苏尔寿造纸技术，2001
6. 福伊特苏尔寿公司产品介绍. 2 号文化纸机（葡萄牙）. 福伊特苏尔寿造纸技术，2001
7. 维美德西安造纸机械有限公司产品介绍. 武汉晨鸣纸机介绍. 维美德西安造纸技术，2001
8. 福伊特苏尔寿公司产品介绍. 在 Modern 厂的挂面板/瓦楞纸机. 福伊特苏尔寿造纸技术，2001
9. 维美德西安造纸机械有限公司产品介绍. 涂布纸板机. 维美德西安造纸技术，2001
10. 中国轻工业机械公司西安造纸机械厂产品目录，2001
11. 李策. 纸张生产实用技术. 北京：中国轻工业出版社，1998
12. 朱丽. 应用 Tissue Flex 技术改造普通杨克卫生纸机. 中华纸业，2001（10）：39~40
13. 维美德西安造纸机械有限公司产品介绍. 现代纸机介绍. 维美德西安，2000
14. 意大利 FAMECCANICA 公司产品介绍，1998

15. 中国轻工总会编. 轻工业技术装备手册. 北京: 机械工业出版社, 1995
16. 福伊特苏尔寿公司产品介绍. 三星高级涂布文化纸机. 福伊特苏尔寿造纸技术, 2001
17. 广州造纸集团介绍, 2001
18. 福伊特苏尔寿公司产品介绍. Ortviken PM4. 福伊特苏尔寿造纸技术, 2001
19. 维美德产品介绍. 特种纸纸机. 维美德西安造纸技术, 2001
20. 福伊特苏尔寿公司产品介绍. Perlen 厂低定量涂布纸机. 福伊特苏尔寿造纸技术, 2001
21. 泉州培新机械制造有限公司产品介绍, 1998



# 第十一章 造纸机的传动与控制

## 第一节 造纸机机械传动

### 一、概 述

#### (一) 造纸机的车速和传动分部

造纸机上各部分中纸幅运行的线速度称为造纸机车速，造纸机的车速在其各部分或各个传动点上是不尽相同的。在造纸机或纸板机上把纸幅卷成纸卷或切成纸张处的车速称为造纸机或纸板机的车速。通常造纸机的工作车速是一个数值范围，其上限是最大工作车速，下限为最低工作车速，上限对下限之比称为车速调节范围。对于不同的原料和产品，对造纸机的车速调节范围有不同的要求。造纸机的设计车速是设计造纸机时的基本参数，一般都等于或大于最大工作车速。造纸机各部分甚至各部件的设计车速可以不全相同。造纸机的结构车速是指造纸机的某些部件在设计计算、质量检验等方面能确保其运行可靠性与安全性的极限车速，通常它都高于设计车速，而对不同的部件也不尽相同。造纸机的辊筒平衡车速是校验辊筒平衡时要求在这样的车速或辊筒表面线速度下辊筒能符合规定的平衡品质指标。造纸机还要有爬行车速，也有时被称为引纸车速，这是供引纸或冲洗、清扫等作业时用的低运行车速。

造纸机的传动分部是指造纸机上有功率输入的主动辊筒所配置的传动装置，每一个传动点即每一根主动辊筒称为一个传动分部，其中个别的、次要的，也被称为辅助传动分部。造纸机的传动部分或系统即是各个传动分部传动装置的总称，它又分为机械传动和电气驱动两个部分。同造纸机或纸板机配套并由同一原动机或同一系统驱动的压光机、纵切机、卷纸机、切纸机在传动部分中也作为其传动分部来考虑。

#### (二) 对造纸机的传动的要求

造纸机对造纸机传动有以下几方面要求。

(1) 造纸机工作车速的调节。造纸机传动应能保证在较大的范围内平稳地调节工作车速，以适应造纸机的不同生产运行条件和原料产品品种和产量等。通常造纸机调速范围为  $1:2 \sim 1:5$ ，生产特种工业用纸的造纸机的调速范围有的达  $1:8 \sim 1:10$ 。

(2) 保持车速稳定。造纸机传动要有一定稳速精度，使纸幅不发生断头和在许可的上浆浓度波动范围内保持纸的定量偏差符合标准。通常造纸机稳速精度要求为  $\pm 1\% \sim 10\%$ 。

(3) 各分部间速比调整。纸幅通过开式引纸的网部和压榨部时其纵向伸长横向收缩，而在烘干部其纵横向都收缩。因此，造纸机各相邻分部的线速度的速差形成了适当的纸幅张力。由于同一台造纸机上的纸浆配比、纸种、以及车速往往不同，故各分部间的伸长、收缩率和纸幅张力也应有所变化，故各分部的速差应设计成可调的，以保持纸幅在各分部间适当的张力。表示这种分部速差的方式称为各分部间速比，它指在一定生产条件下各分部车速对烘干部或卷纸机车速的比值百分率。表 11-1 中列出了几种造纸机各分部速比数据；表中数据以烘干部的车速为  $100\%$ ，并且各组烘缸的车速相同（实际上各组烘缸的速比可能相差千

分之几)。

表 11-1 造纸机各分部的速比

| 分 部 名 称  | 速 比 / %           |               |
|----------|-------------------|---------------|
|          | 粘状浆制的纸（电容器纸、羊皮纸等） | 书写纸、印刷纸、涂布原纸  |
| 伏辊：开式引纸  | 89~91             | 94~95.5       |
| 封闭引纸     | 94~95             | 96~97         |
| 吸移辊：第一压榨 | 94~95             | 96~97         |
| 第二压榨     | 97~98             | 97.5~98       |
| 第三压榨     | 98.5~99           | 98.5~99       |
| 烘干部      | 100               | 100           |
| 压光机      | 100.05~100.15     | 100.05~100.15 |
| 卷纸机      | 100.1~100.5       | 100.1~100.5   |

造纸机各分部速比的最大波动值与生产纸种及由于辊筒、烘缸实际直径误差和压榨辊、压光辊的磨损有关。各分部的速比值一般应有相对于该分部车速±6%左右的调速范围以适应不同生产条件时的要求。在特殊情况下如在配置有预缩装置或超皱装置的烘干部中，其分部速比要按预缩或起皱的要求来确定，有的可达15%~20%或更多。

(4) 维持分部间既定速比的稳定。造纸机由于生产条件的分部变化或波动，以及由此引起的传递载荷的变化时，各分部间速比应保持稳定，才能生产出符合质量要求的纸和减少纸幅断头。当载荷变化或其他干扰导致某一分部车速发生变化时，造纸机传动的调速稳速系统应及时使其前后各分部的车速自动地跟踪变化并纠正这些干扰，使速比的变化不超过给定的范围，通常为±3‰。

(5) 爬行速度。造纸机各分部应有适当的爬行速度，其值同造纸机在爬行状态下的作业要求与造纸机最大工作车速有关，通常为15~50m/min左右。

二、机械传动的功能、方式和分类

造纸机的机械传动部分在老式纸机上分为定速与变速两部分，前者带动贮浆池、筛浆机等供浆系统的设备，后者则带动造纸机的各分部。虽然后来不再把所谓的定速部分归入造纸机传动的范围之内，但造纸机传动迄今仍有借机械方式来调节各分部速比的。机械传动部分的主要功能是减速、取得正确的传动方向以及上述的分部车速调节。机械传动可按电动机驱动方式及分部调速方式不同来分类（表11-2）。

表 11-2 机械传动方式和分类

| 传动方式     |    | 电动机类别                               | 分部调速方式            | 传动部件形式        |            |            | 说 明                        |
|----------|----|-------------------------------------|-------------------|---------------|------------|------------|----------------------------|
|          |    |                                     |                   | 减速箱           | 离合器        | 联轴器        |                            |
| 单电动机总轴传动 | 横轴 | 交流整流子变速电动机或晶闸管交流直流电动机，或交流发电机、直流电动机组 | 普通平带或尼龙强力平带锥形轮    | 圆锥或圆锥-圆柱齿轮减速箱 | 单片或多片电磁离合器 | 尼龙柱销联轴器    | 适用于低速圆网造纸机，结构简单，造价低，但占地面积大 |
|          | 纵轴 | 尼龙强力平带锥形轮                           | 尼龙柱销联轴器、齿式联轴器     |               |            | 适用于中、低速造纸机 |                            |
|          |    | V带无级调速轮                             |                   |               |            |            |                            |
|          |    |                                     | 带变速器的差动齿轮减速器电磁离合器 |               |            |            |                            |

续表

| 传动方式            | 电动机类别 | 分部调速方式    | 传动部件形式        |            |              | 说 明       |
|-----------------|-------|-----------|---------------|------------|--------------|-----------|
|                 |       |           | 减速箱           | 离合器        | 联轴器          |           |
| 多电动机分部传动        | 直流电动机 | 晶闸管调速稳速系统 | 圆锥或圆锥-圆柱齿轮减速器 | —          | 齿式联轴器、万向节联轴器 | 适用于中高速造纸机 |
| 单电动机纵轴—多电动机辅助传动 |       |           |               | 单片或多片电磁离合器 |              |           |

### 三、单电动机纵轴传动

除少数低速圆网造纸机外，现已很少采用单电动机横轴传动。单电动机纵轴传动在造纸机传动侧设有一根纵向总轴，电动机直接与总轴相接或通过带轮带动总轴、各分部的主动辊由装在总轴上的调速部件及减速器驱动。离合器通常装在调速装置与减速器高速轴端之间，这种设置在采用平带或 V 带调速时可提高调速带的速度，减小带和带轮的尺寸。总轴的转速同造纸机车速和减速器速比等有关，在上述配置情况下一般为  $400\sim 700\text{r/min}$ ，最高不超过  $800\text{r/min}$ 。总轴通常布置在离地面高度  $600\sim 700\text{mm}$  之处。

单电动机纵轴传动的调速机构可为尼龙强力平带锥形轮或 V 带无级调速轮，或带变速器的差动机构。

单电动机纵轴传动具有结构简单、调速性能良好、操纵方便、维护技术水平要求不高等优点，被广泛应用于中、低速造纸机传动。但在未配有分部车速及速差显示仪表时，其各分部间的速比调整还不太方便，维护工作量较多，占地面积也较大。

#### (一) 尼龙强力平带锥形轮调速传动

中低速造纸机所采用的单电动机纵轴尼龙平带锥形轮调速传动如图 11-1 所示，尼龙平带负载能力较高较柔软；永久性伸长小，极限速度高，运行平稳、在传递相同功率时，皮带可以厚度较薄、宽度较窄，锥形轮尺寸和中心距离可较小，使结构紧凑。

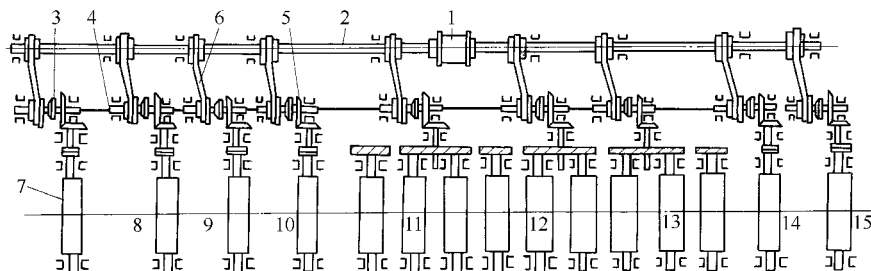


图 11-1 纵轴尼龙平带锥形轮调速传动

- 1—电动机 2—总轴 3—中间轴及离合器 4—锥形带轮和轴承 5—齿轮减速箱  
6—尼龙平带 7—伏辊 8—第一道压榨 9—第二道压榨 10—第三道压榨  
11—第一组烘缸 12—第二组烘缸 13—第三组烘缸 14—压光机 15—卷纸机

调速时可用遥控平带拨叉来改变平带在锥形轮上的位置，使传动速比发生变化。平带拨叉结构有一对可随平带转动并同步地沿导杆移动的拨杆，遥控电动机可变换同蜗轮减速箱相连接的螺杆的转向，使平带拨杆移动而拨动平带在锥形轮上移动。

国产平带型号及平带与其尼龙片层的性能可查阅机械设计手册。

选择平带的宽度可按下列公式计算。

$$b=\frac{P}{P_w\cdot A\cdot K}\text{ (cm)}\tag{11-1}$$

式中  $b$  ——平带宽度，cm  
 $P$  ——传动功率，kW  
 $P_w$  ——单位带宽额定功率，kW/cm，按图 11-2 选取  
选取  
 $A$ ——包角补偿系数，按表 11-3 选取  
 $K$ ——使用条件修正系数，按表 11-4 选取

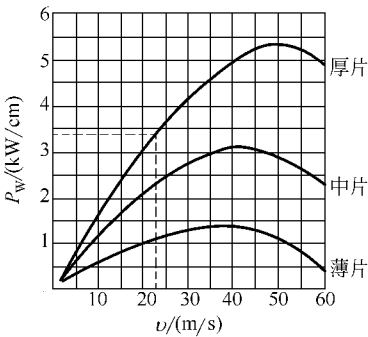


图 11-2 尼龙平带线速与单位负载能力的关系

表 11-3 尼龙平带计算式中的包角补偿系数

| 包角 $\theta/(^{\circ})$ | 90   | 100  | 110  | 120  | 130  | 140  | 150  | 160  | 170  | 180  | 190  | 200  |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $A$                    | 0.67 | 0.69 | 0.74 | 0.78 | 0.82 | 0.86 | 0.90 | 0.94 | 0.97 | 1.00 | 1.02 | 1.05 |

表 11-4 尼龙平带计算式中的使用条件修正系数

| 使用条件 | 边载 150% | 过载 200% | 过载 250% | 多粉尘环境 |
|------|---------|---------|---------|-------|
| $K$  | 1.00    | 0.80    | 0.65    | 0.70  |

(二) V 带无级调速轮传动

图 11-3 所示的单电动机纵轴传动采用 V 带无级调速带轮进行造纸机各分部的调速传动。在纵轴上装有可变节径的 V 带带轮，节径不变的 V 带带轮装在与造纸机各分部驱动辊相连接的齿轮减速箱高速轴端，并采用离合器相连接；离合器也可与调速带轮组合装在纵轴上（图 11-4）。但也有很多造纸机采用不带离合器而轴套固定在轴上的调速带轮。蜗杆副可使螺套作轴向移动而调节动盘组与定盘组之间的距离，这就使 V 带带轮工作直径发生变化。

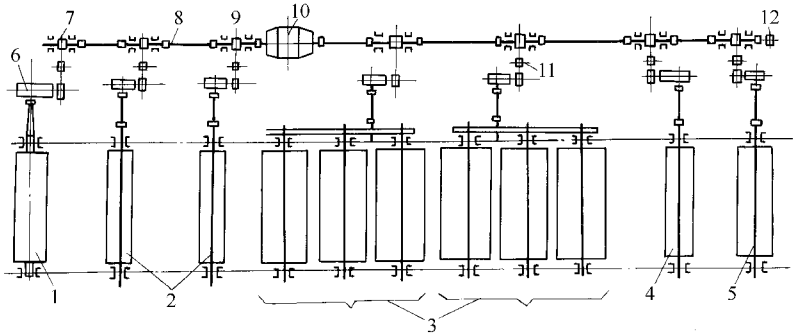


图 11-3 纵轴 V 带无级调速传动

1—伏辊 2—压榨辊 3—烘缸组 4—压光机 5—卷纸机 6—减速箱 7—调速槽轮  
8—纵轴 9—电动机 10—齿式联轴器 11—V 带张紧轮 12—测速机

这种调速槽轮对 V 带的使用寿命有一定影响，从 V 带上磨损下来的胶末易散落在螺套的螺纹和动盘的滑道上，影响调速的灵敏性。

(三) 差动齿轮减速器调速传动

这种传动是在单电动机纵轴上装设圆锥齿轮来传动带变速器的差动齿轮减速器，代替前

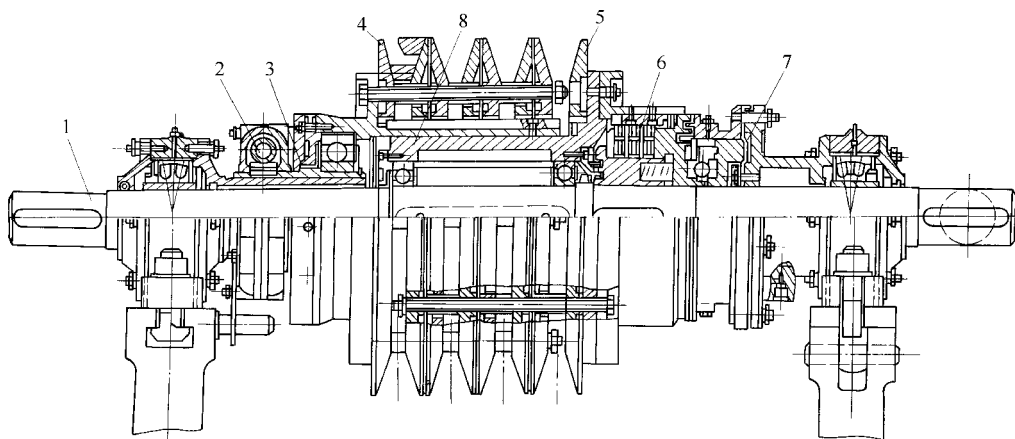


图 11-4 带离合器的 V 带调速带轮

- 1—轴（纵轴的一段） 2—蜗杆箱 3—螺套 4—带轮动盘（组） 5—带轮定盘（组）  
6—离合器 7—加压膜片腔 8—与离合器相连的轴套

两节中的平带或 V 带调速轮及减速器。这种传动运转可靠，且能保证与各分部需用功率的波动无关地保持分部间规定的速比。

最常采用的有两种差动减速器。第一种结构（图 11-5a）装有齿轮 a 的差动器第一半轴同造纸机传动纵轴上的圆锥齿轮副的从动齿轮轴相接。差动器的转臂（壳体）H 由差动器的第一半轴通过变速器及圆柱齿轮带动旋转。差动器的第二半轴——其上装有齿轮 d，借助于圆柱齿轮减速器或直接与造纸机各分部的主动辊筒相连接。第二种结构（图 11-5b）中，装有齿轮 a 的差动器第一半轴也是通过变速器及圆柱齿轮被传动，装有齿轮 d 的差动器的第二

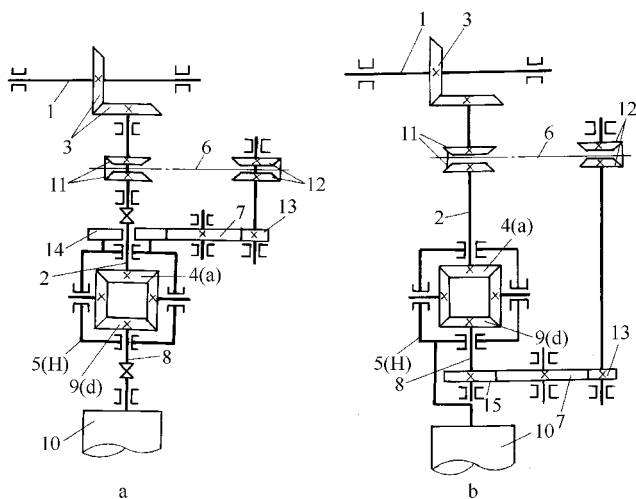


图 11-5 差动减速器结构

a—第一种结构 b—第二种结构

- 1—传动纵轴 2—差动器第一半轴 3—圆锥齿轮传动装置 4—齿轮 (a)  
5—差动器壳体 (H) 6—变速器 7—惰轮 8—差动器第二半轴  
9—齿轮 (d) 10—造纸机分部的辊筒 11—变速器主动链轮  
12—变速器从动链轮 13—变速器从动轴上的齿轮  
14—差动器壳体上的齿轮 15—差动器第二半轴上的齿轮

半轴，由第一半轴通过变速器及圆柱齿轮带动旋转，而差动器的壳体 H 与造纸机分部的主动辊筒相连接。在造纸机传动中齿轮 a 及 d 通常采用相同的齿数。在此情况下，按图示的两种结构，差动齿轮减速器的输入轴和输出轴的转速如表 11-5。

表 11-5 差动齿轮减速器的输入轴与输出轴转速计算

| 结 构 种 类                  | 第一种结构   |  | 第二种结构  |  |
|--------------------------|---|--|--|--|
| 输入轴及其转速                  | 差动器第一半轴，转速 $n_a$  |  |  |  |
| 输出轴及其转速                  | 差动器第二半轴，转速 $n_d$  |  | 转臂（差动器壳体）轴，转速 $n_H$  |  |
| 变速器拖动的被拖动轴的<br>转向被拖动轴的转速 | 转臂（壳体）轴   |  | 差动器第二半轴  |  |
|                          | 与输入轴相同与输入轴相反  |  | 与输入相同  | 与输入相反  |
|                          | $n_H = \frac{n_a}{ii_1} \text{ ①}$                              |  | $n_d = \frac{n_a}{ii_1} \text{ ①}$   |  |
| 输出轴转速                    | $n_d = 2n_H - n_a$<br>$= n_a \left( \frac{2}{ii_1} - 1 \right)$ | $n_d = - (2n_H + n_a)$<br>$= -n_a \left( \frac{2}{ii_1} + 1 \right)$ | $n_H = \frac{n_a + n_d}{2}$<br>$= \frac{n_a}{2} \left( 1 + \frac{1}{ii_1} \right)$ | $n_H = \frac{n_a - n_d}{2}$<br>$= \frac{n_a}{2} \left( 1 - \frac{1}{ii_1} \right)$ |
| 公式号                      | 11-2  | 11-3   | 11-4   | 11-5   |

注：①  $i$  为变速器传动速比， $i_1$  为变速器输出轴与被拖动的轴的速比。

由表 11-5 中的 4 个公式在第一种结构中差动器壳体 H 的转数或在第二种结构中第二半轴 d 的转数较小时，差动器及变速器可保证分部速比调节的高精度。这样，差动器输出轴的转数略有改变，变速器速比要相应地有很大的改变。为了使由变速器拖动旋转的差动器构件的转数减小，有时装设几副齿轮传动（图 11-6 中仅表示一副齿轮）。

差动器的各构件所能传递的功率与其转数有关。当由变速器拖动的差动器构件的转数低时，变速器传递不大的功率，这可使其尺寸减小而使用寿命延长。

为了工作的可靠性，差动传动多采用带金属链或金属带的变速器，在运转中几乎没有滑动。也有采用液压变速器的。用主、从动链轮直径  $D$  相同的金属链变速时，其最大、最小实际速比  $i_{\max}$  及  $i_{\min}$ ；

以及总速比  $k = \frac{i_{\max}}{i_{\min}}$  为：

$$i_{\max} = \frac{D_{\max}}{D_{\min}} \quad (11-6)$$

$$i_{\min} = \frac{D_{\min}}{D_{\max}} \quad (11-7)$$

$$k = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \left( \frac{D_{\max}}{D_{\min}} \right)^2 \quad (11-8)$$

差动传动能以很高的精确度（达万分之几）来调定转速并保证稳定。而与造纸机分部的载荷变化无关。变速器中 0.1%~0.2% 的滑动仅影响分部车速 0.01%~0.03%。差动齿轮箱的制造很复杂，且由于其生产批量小而造价较高。

#### 四、多电动机分部传动

多电动机分部传动如图 11-6 所示。在电动机与造纸机主动辊之间，装设圆柱齿轮减速器，不装设离合器。电动机与减速器、减速器与造纸机主动辊筒之间，装设可不要求轴段有

严格同轴度而能吸收冲击载荷的联轴器，如尼龙柱销弹性联轴器、齿式联轴器或万向联轴器等。

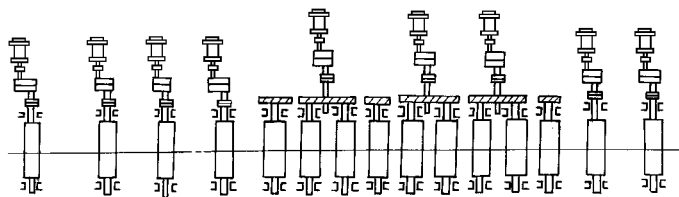


图 11-6 多电动机分部传动

在减速器及造纸机辊筒之间有装设中间轴，这使传动的尺寸有所增加，但使电动机远离造纸机的烘干部及湿部，而改善了电动机的工作环境。

减速器的齿轮计算寿命应不少于 5~8 年，通常选用 ZLY、ZDY 型硬齿面圆柱减速器。

多电机传动的优点如下：①保持各分部规定速比的精确度很高。②由于没有传动轴，需用功率约减少 10%~15%。③由于没有传动带，则操作安全、方便。④传动部所占面积减少。⑤各个分部可单独启动，故操作简便。⑥具有测量并指示各分部需用功率及速度的仪表。便于及时发现造纸机个别部分中的问题。

采用多电动机分部传动时，各分部需用功率的变化会导致电动机转速发生变化，并引起各分部的速比发生变化。传动中配有减速器，不可避免地会有惯性力，所以不是总能立即恢复规定的各分部速比而造成断纸。此外线路中电压及频率的波动也会导致分部速比的变化。故现今比较完善的调节系统保持各分部间规定的纸幅张力。而不保持各分部间的速比不变。

## 五、造纸机传动功率的计算

### （一）计算方法的种类

计算造纸机传动功率的方法有多种：①牵引力法；②单位指标法；③分部及部件指标法；④类比法等。牵引力法也被称为分部算法，它是从每个传动分部所拖动的网、毯等要经过的各个部件需用的牵引力来算起的，把这些牵引力相加得到该分部所需的总牵引力，再乘以分部的车速即可算出所需功率。在这些计算中，要设定轴承的摩擦系数、刮刀的摩擦系数、辊筒副吸水箱、主动辊筒与网毯之间以及地轮系等处摩擦力。牵引力法现已较少使用。

单位指标法和分部及部件指标法的计算方法基本上是一样的，都是根据相对于造纸机的单位机宽和单位车速的指标来计算分部传动功率的。单位指标多是对一个分部或一台设备用一项指标，也有的是对一个分部中不变单位用一项指标。例如造纸机烘干部因烘缸的直径和个数会各机不相同，故计算烘缸组传动分部时，相对于每个烘缸直径给出计算功率的单位指标。单位指标法多用于 20 世纪 60 年代及以前，其指标来自对大量造纸机的实测功率消耗参数的统计分析，多用于车速为 200~300m/min 及以下的造纸机。分部及部件指标法是单位指标法的发展。它对于较简单或较定型分部可用一个分部一项指标的方式，也采用一个或一套部件有一项指标的方式以适应因技术发展而配置可能较多变化的分部。这是目前最通用的造纸机计算方法，也是被全世界主要造纸机制造厂商所采用的方法。在本节中将主要介绍这一方法。

类比法是用相同、相近或相似于所设计的造纸机的实际装机容量或动力消耗来比较计算设计纸机的分部传动功率。这个方法往往作为一种补充或辅助方法来复核用指标法或牵引力

法计算的结果。

## (二) 分部及部件指标法

在本节中,对本方法的介绍也包含了一些原属于 20 世纪 60 年代单位指标法中的指标参数值,因这些指标值迄今仍是有效而且实用的。

本方法中的分部指标分为正常运行负荷常数(NRL 常数)及推荐传动能力常数(RDC 常数)二项。前者可显示出造纸机在一定的正常运行条件下该分部的需用功率;一些部件也有 NRL 常数指标。后者为传动分部在配用驱动电动机时需考虑到可预见的最大负荷而推荐采用的传动能力指标,可通过分部的 NRL(为组成该分部的所有部件的 NRL 指标之和)乘以一定的系数来得到该分部的 RDC 指标值。通常 RDC 约为 NRL 值的 1.15~1.35 倍。而对烘干部则为 3~3.5 倍。NRL 及 RDC 指标值的单位都是单位机宽、单位车速的所需功率即  $\text{kW}/[\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})]$ ,用 NRL 及 RDC 指标来计算分部传动功率时只要乘上造纸机宽与车速或造纸机传动特征值即可,该特征值如下式:

$$K_m = b \cdot v_{\max} \quad (11-9)$$

式中  $K_m$  ——造纸机传动特征值,  $\text{m} \cdot \left(\frac{\text{m}}{\text{min}}\right)$

$b$  ——机宽(网宽), m

$v$  ——设计车速,  $\frac{\text{m}}{\text{min}}$

则,造纸机各分部在正常运行状态下的计算需用功率为

$$P_j = K_m \times (\text{NRL}) \quad (\text{kW}) \quad (11-10)$$

而各分部的推荐采用的传动能力为

$$P = K_m \times (\text{RDC}) \quad (\text{kW}) \quad (11-11)$$

造纸机运行的总负荷为各分部计算需用功率的总和  $\sum P_j$ ,传动的最小装机容量总功率为计算传动能力的总和  $\sum P$ 。

在分部及部件指标法中,有些分部或部件的 NRL 常数用某个重要参数的方程来计算出来,这些方程基本上都是实测数据的回归方程。有的造纸机分部传动功率的 NRL 指标值相加而得的。有的分部有总的 NRL 指标,而部件 NRL 值供补充和核算比较之用。

### 1. 成形部的功率计算

成形部的 NRL 指标可分为分部的 NRL 指标和部件的 NRL 指标两部分,分别见表 11-6、表 11-7。成形部的传动功率指标最初是按长网和圆网成形器(表 11-8)来统计的。长网成形器的传动功率主要用于其所配置的真空部件如吸水箱及真空伏辊等,这些部件的有关参数成为选用长网成形器 NRL 指标的基本条件。夹网成形器及多种多层成形器发展后,有的由制造厂商提供出 NRL 及 RDC 指标值,也有统计出来的指标值。对于生产中、低定量的纸种的夹网成形器,则以长网的 NRL 值乘以一定系数,可得其 NRL 值(表 11-9),因这些夹网成形器耗用功率一般低于长网成形器。夹网成形器的 RDC 值也是得出 NRL 值后现乘以系数求得的(表 11-10)。

长网成形器的真空伏辊带动网子运得的 NRL 值可按下式计算:

$$(\text{NRL})_{\text{空伏}} = 0.96 [0.0012 + 0.00005 (\sum p)] \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \} \quad (11-12)$$

式中  $\sum p$  ——真空伏辊各真空室中平均最大真空度之和, inHg (1inHg=3386.39Pa)

在车速 610m/min 以下运行的造纸机对于不同的纸种的真空伏辊最大真空度值如表 11-10 所示。长网成形器每个吸水箱的 NRL 值可按下式计算:



表 11-6 按纸种、车速和吸水箱条件定的长网成形器分部传动率指标值

| 序号 | 纸种     | 定量<br>/(g/m <sup>2</sup> ) | 车速<br>/(m/min) | 吸 水 箱       |       |              |       | b · ρ<br>/(m ·<br>kPa) | 塑料网 <sup>①</sup> 及<br>硬质吸水箱面 <sup>②</sup> |        | 铜网及软质 <sup>③</sup><br>吸水箱面 |         |
|----|--------|----------------------------|----------------|-------------|-------|--------------|-------|------------------------|---|--------|----------------------------|---------|
|    |        |                            |                | 宽度 <i>b</i> |       | 真空度 <i>p</i> |       |                        | NRL                                       | RDC    | NRL                        | RDC     |
|    |        |                            |                | in          | m     | inHg         | kPa   |                        |   |        |                            |         |
| 1  | 薄页纸    |                            |                |             |       |              |       |                        | 0.0144~<br>0.024                          | 0.0288 | 0.0144~<br>0.0221          | 0.0288  |
| 2  | 毛巾纸    |                            |                |             |       |              |       |                        | 0.026~<br>0.0317                          | 0.0384 | 0.024~<br>0.02784          | 0.0384  |
| 3  | 透明纸    |                            | ≤610           | 100         | 2.54  | 3            | 10.17 | 25.83                  | 0.072                                     |        | 0.0768                     |         |
| 4a | 一般的    | <24.45                     | ≤610           | 80          | 2.032 | —            | —     | 25.83                  | 0.072                                     |        | 0.0576                     | 0.06624 |
| 4b | 轻定量的   |                            | —              | —           | —     | 4            | 13.56 | 27.554                 | 0.0864                                    |        |                            |         |
| 5a | 新闻纸、   | <57                        | ≤610           | 120         | 3.048 | 2~4          |       | 30.17                  | 0.0864                                    |        | 0.096                      | 0.1104  |
| 5b | 印刷纸、   |                            | 610~762        |             |       | 3~6          |       | 43.05                  | 0.12                                      |        | 0.1152                     | 0.1325  |
| 5c | 轻定量牛皮纸 |                            | 762~1067       |             |       | —            |       | 47.36                  | 0.144                                     |        | 0.144                      | 0.166   |
| 6a | 书籍证券   | <57                        | ≤457.2         | 80          | 2.032 | 3~5          |       | 25.83                  | 0.0768                                    |        | 0.0864                     | 0.1     |
| 6b | 纸类     |                            | 457.2~762      | 100         | 2.54  | 3~6          |       | 38.75                  | 0.1104                                    |        | 0.1152                     | 0.1325  |
| 6c |        |                            | 762~914.4      | —           | —     | —            |       | 43.05                  | 0.1248                                    |        | —                          | —       |
| 7a | 牛皮纸类   | <47.8                      | ≤457.2         | 80          | 2.032 | 4~7          |       | 38.75                  | 0.096                                     |        | 0.096                      | 0.1104  |
| 7b |        | <47.8                      | 457.2~762      | 100         | 2.54  | 4~7          |       | 47.36                  | 0.1248                                    |        | 0.1152                     | 0.1325  |
| 7c |        | 98~147                     | ≤457.2         | 100         | 2.54  | 4~7          |       | 47.36                  | 0.1152                                    |        | 0.1152                     | 0.1325  |
| 7d |        | 98~147                     | 457.2~762      | 120         | 3.048 | 4~7          |       | 55.97                  | 0.1536                                    |        | 0.144                      | 0.166   |
| 8a | 牛皮纸板   | 203~440                    | ≤762           | 100         | 2.54  | 5~7          |       | 51.66                  | 0.144                                     |        | 0.144                      |         |
| 8b | 类      | 203~440                    | ≤762           | 120         | 3.048 | 5~7          |       | 64.58                  | 0.1728                                    |        | 0.1728                     |         |
| 8c |        | 203~440                    | ≤762           | 150         | 3.81  | 5~7          |       | 77.5                   | 0.216                                     |        | 0.192                      |         |
| 9  | 商品浆板   | ≤2928                      | ≤213.4         |             |       |              |       | 86.1                   | 0.192                                     |        | —                          |         |

注：①单丝塑料网和陶瓷、金属氧化物或碳化物箱面。

②箱面为高密度聚合物时指标值增大 15%。

③铜网和胶木或高密度聚合物箱面。

表 11-7 长网成形器每件部件的 NRL 指标值<sup>①</sup> 单位：W/[m(m/min)]

| 序号 | 纸 种                    |        | 薄页纸    | 毛巾纸    | 新闻目<br>录纸 | 印刷/书籍<br>证券纸 | 牛皮纸       | 牛皮<br>纸板 | 商品<br>浆板 |
|----|------------------------|--------|--------|--------|-----------|--------------|-----------|----------|----------|
|    | 定量 (g/m <sup>2</sup> ) |        | <32.6  | <57    | ≤53.8     | ≤53.8        | 42.4~16.7 |          | ≤2928    |
| 1  | 普通胸辊                   |        | 0.768  | 0.768  | 0.768     | 0.864        | 0.864     | 0.96     | 0.96     |
| 2  | 真空胸辊                   |        | 1.632  | 1.632  |           |              |           |          |          |
| 3a | 普通案辊                   | 用铜网    | 0.288  | 0.2976 | 0.2976    | 0.3072       | 0.3168    | 0.3552   | 0.384    |
| 3b |                        | 用单丝塑料网 | 0.2976 | 0.3168 | 0.3072    | 0.3168       | 0.336     | 0.384    | 0.4224   |
| 4a | 沟纹案辊                   | 用铜网    | 0.2784 | 0.288  | 0.2784    | 0.288        | 0.2976    | 0.3168   | 0.336    |
| 4b |                        | 用单丝塑料网 | 0.288  | 0.2976 | 0.2976    | 0.3072       | 0.3168    | 0.3456   | 0.384    |

续表

| 序号 | 纸 种                    |         | 薄页纸    | 毛巾纸    | 新闻目<br>录纸 | 印刷/书籍<br>证券纸 | 牛皮纸       | 牛皮<br>纸板 | 商品<br>浆板 |
|----|------------------------|---------|--------|--------|-----------|--------------|-----------|----------|----------|
|    | 定量 (g/m <sup>2</sup> ) |         | <32.6  | <57    | ≤53.8     | ≤53.8        | 42.4~16.7 |          | ≤2928    |
| 5a | 硬质脱水板 <sup>②</sup>     | 用铜丝     | 0.336  | 0.3456 | 0.336     | 0.3456       | 0.3648    | 0.384    | 0.4032   |
| 5b |                        | 用单丝单塑料网 | 0.3744 | 0.3744 | 0.3744    | 0.3744       | 0.4032    | 0.4224   | 0.4416   |
| 6a | 软质脱水板 <sup>③</sup>     | 用铜网     | 0.3552 | 0.3648 | 0.3552    | 0.3648       | 0.3936    | 0.4224   | 0.4416   |
| 6b |                        | 用单丝塑料网  | 0.4032 | 0.4128 | 0.4128    | 0.4128       | 0.4416    | 0.4608   | 0.4896   |
| 7a | 硬质真空脱水板 <sup>②</sup>   | 用铜网     | 0.3648 | 0.334  | 0.3744    | 0.384        | 0.4224    | 0.48     | 0.528    |
| 7b |                        | 用单丝塑料网  | 0.4032 | 0.4229 | 0.4128    | 0.4128       | 0.4608    | 0.528    | 0.576    |
| 8a | 软质真空脱水板 <sup>③</sup>   | 用铜网     | 0.3936 | 0.4128 | 0.4032    | 0.4128       | 0.4512    | 0.528    | 0.5952   |
| 8b |                        | 用单丝塑料网  | 0.432  | 0.4512 | 0.4416    | 0.4512       | 0.4992    | 0.5568   | 0.6336   |
| 9  | 驱网辊                    |         | 0.864  | 0.864  | 0.96      | 0.96         | 0.96      | 0.96     | 0.96     |
| 10 | 导网辊                    |         | 0.384  | 0.432  | 0.48      | 0.48         | 0.48      | 0.48     | 0.576    |

注：①本表中 NRL 适用于车速 610 m/min 以下的造纸机，对于车速高的造纸机表中值应分别乘以以下列系数：

|               |        |          |          |          |
|---------------|--------|----------|----------|----------|
| 最高车速/ (m/min) | 610    | 762      | 914.4    | 1067     |
| 系数            | 1~1.05 | 1.1~1.15 | 1.15~1.2 | 1.2~1.25 |

②硬质水板面的材料为陶瓷、金属的氧化物或碳化物。

③软质脱水板面的材料为高密度聚合物。

表 11-8 圆网成形器部件的传动功率指标 单位：kW/[m • (m/min)]

| 序号 | 圆网成形器部件    | NRL     | RDC    | 序号 | 圆网成形器部件        | NRL     | RDC    |
|----|------------|---------|--------|----|----------------|---------|--------|
| 1  | 每个网笼       | 0.0096  | 0.0096 | 5  | 毛毯挤水压榨         | 0.00672 | 0.0144 |
| 2  | 脱水压榨       | 0.00672 | 0.0096 | 6  | 毛毯吸水箱（宽 190mm） | 0.01824 | —      |
| 3  | 普通或真空回头辊压榨 | 0.00672 | 0.0144 | 7  | 管式窄缝毛毯吸水箱      | 0.00384 | —      |
| 4  | 预压榨        | 0.01152 | 0.024  |    |                |         |        |

表 11-9 生产中、低定量纸种的夹网成形器的  
NRL 及 RDC 指标值（参考值） 单位：W/[m • (m/min)]

| 夹网成形器种类              | NRL                           | RDC                   |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------|
|                      | 按表 11-6 及表 11-7 所得值<br>乘以下列系数 | 按本表所得 NRL 值<br>乘以下列系数 |
| 贝尔拜（Bel-paie）成形器     | 0.67                          | 1.15~1.25             |
| 浮尔蒂（Verti-forma）成形器  | 0.75                          | 1.1~1.15              |
| 帕泼里（Papri-former）成形器 | 0.2~0.25                      | 1.2~1.3               |
| 杜喔（Duo former）成形器    | 0.3~0.35                      | 1.4~1.5               |

表 11-10 生产多种纸的夹网成形器的 NRL 及 RDC 指标值 (参考值)

| 序号 | 制造厂商                  | 成形器类型          | 产品定量/(g/m <sup>2</sup> ) | 工作车速/<br>(m/min) | NRL             | RDC  |
|----|-----------------------|----------------|--------------------------|------------------|-----------------|------|
|    |                       |                |                          |                  | W/[m • (m/min)] |      |
| 1  | 贝洛伊特<br>(Beloit)      | 贝尔邦 (Bel-Bond) | ≤146.4                   | ≤548.6           | 14.4~17.28      | 28.8 |
|    |                       | 贝尔伐 (Bel-Vac)  |                          | 548.6~701        | 17.28~20.16     | 33.6 |
| 2  | 赛台柯<br>(CEDECO)       | 纸板成形器          | ≤122                     | ≤396.24          | 9.6~11.52       | 14.4 |
| 3  |                       | 上成形器           | ≤87.84                   | ≤701             | 24~33.6         | 48   |
| 4  |                       | (Top Formar)   | ≤58.56                   | ≤762             | 14.4~19.6       |      |
| 5  | 爱修伟士<br>(Escher Wyss) | I 型夹网上成形器      | ≤231.36                  | ≤762             | 19.2~28.8       | 38.4 |
| 6  |                       | (Twin top I)   | ≤97.6 无真空                | ≤1220            | 19.2~24         | 33.6 |
| 7  | 小林制作所                 | 夹网超成形          | ≤351.36 有真空              | ≤1220            | 24~33.6         | 43.2 |
| 8  | 汤培拉<br>(Tain pella)   | 真空上成形器         | ≤97.6                    | ≤701             | 43.2~57.6       | 84.6 |
|    |                       | 阿库成形器          | ≤151.28                  | ≤442             | 22.08           | 28.8 |
| 9  | 伏伊特<br>(Voith)        | (Arc Formar)   | ≤298                     | ≤610             | 27.84           | 33.6 |
| 10 |                       | S 型紧凑短网成形器     | ≤219.6                   | ≤710             | 30.72           | 38.4 |
| 11 |                       | F 型紧凑短网成形器     | ≤170.8                   | ≤710             | 30.72           | 38.4 |
| 12 |                       | F 型杜堰成形器       | ≤298                     | ≤710             | 96              | 120  |

$$(NRL)_{\text{吸水箱}} = 0.96 [0.0015\mu \cdot b \cdot P] \{kW/[m \cdot (m/min)]\} \quad (11-13)$$

式中  $\mu$  ——吸水箱面的设定有效摩擦因数, 见表 11-11  
 $b$  ——吸水箱宽度, mm  
 $p$  ——吸水箱的计算平均最大真空度, inHg (1inHg=3386.39Pa), 见表 11-12

表 11-11 长网成形器吸水箱在车速 610 m/min 以下时的设定有效摩擦因数  $\mu$

| 箱面材料          | 相对阻力 | 采用下列成形网时的 $\mu_0$ 值   |                       |                       |
|---------------|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|               |      | 铜网或类似的网               | 单丝塑料网                 | 多丝塑料网                 |
| 相对阻力          | —    | 100%                  | 110%                  | 125%                  |
| 平滑的高密度聚合物     | 110% | 0.14~0.17<br>平均 0.15  | 0.15~0.18<br>平均 0.165 | 0.17~0.21<br>平均 0.185 |
| 硬木或胶木         | 100% | 0.12~0.15<br>平均 0.135 | 0.14~0.17<br>平均 0.15  | 0.16~0.19<br>平均 0.17  |
| 有沟纹的高密度聚合物    | 90%  | 0.11~0.14<br>平均 0.125 | 0.12~0.15<br>平均 0.135 | 0.15~0.17<br>平均 0.16  |
| 陶瓷、金属的氧化物或碳化物 | 85%  | 0.11~0.13<br>平均 0.115 | 0.12~0.14<br>平均 0.125 | 0.13~0.16<br>平均 0.145 |

表 11-12 长网成形器吸水箱、真空伏辊在车速 610 m/min 以下时的最大真空度 (inHg)

| 纸种                     | 薄页纸    | 毛巾纸   | 新闻、目录纸 | 印刷、书籍<br>证券纸 | 牛皮纸        | 牛皮纸板    | 商品浆板  |
|------------------------|--------|-------|--------|--------------|------------|---------|-------|
| 定量/(g/m <sup>2</sup> ) | < 32.6 | < 57  | ≤53.79 | ≤53.79       | 42.4~146.7 | 203~440 | ≤2928 |
| 真空伏辊                   | 10~15  | 12~16 | 15~20  | 16~20        | 18~20      | 20~24   | 22~27 |

续表

| 纸 种 |      | 薄页纸     | 毛巾纸 | 新闻、目<br>录纸 | 印刷、书籍<br>证券纸 | 牛皮纸 | 牛皮纸板 | 商品浆板 |
|-----|------|---------|-----|------------|--------------|-----|------|------|
| 吸水箱 | 范围   | 1.5~3.5 | 2~4 | 2.5~5      | 3~6          | 4~7 | 5~7  | 6~9  |
|     | 计算平均 | 3       | 3.5 | 4.25       | 4.25         | 5   | 6    | 7.5  |

注：1inHg=3386.39Pa。

2. 压榨部的功率计算

压榨部的传动功率可按其组成部件的  $NRL$  值或  $RDC$  值之和再乘以纸机传动特征值  $K_m$  来求得。压榨部的组成部件中的引纸辊、真空吸移辊和平滑压榨等的  $NRL$  及  $RDC$  值见下表 11-13，而双辊或多辊压榨则要用表 11-16 中的  $NRL$  值及下式来计算：

$$(NRL)_{\text{压榨组}} = n_1 (NRL)_{\text{压区}} + [\sum (NRL)_{\text{压辊}} + n_2 (NRL)_{\text{刮刀}}] + \sum (NRL)_{\text{毯}} + n_3 (NRL)_{\text{毯箱}} \quad (11-14)$$

式中  $n_1$  ——压区数

$n_2$  ——压辊的刮刀数

$n_3$  ——毛毯吸水箱数

$$(NRL)_{\text{压区}} \text{ 的算式为: } (NRL)_{\text{压区}} = 0.00033 p_n + 0.00014 \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \} \quad (11-15)$$

式中  $p_n$  ——压区线压，kN/m，下同

$(NRL)$  压辊除查用表 11-14 中指标数外，对于各型液压可控中高辊按以下各式计算，对贝洛伊特公司的 CC 辊，

表 11-13 压榨部的部件传动功率指标值 单位：kW/ [m · (m/min)]

| 压榨部部件                        | $NRL$         | $RDC$         | 压榨部部件   | $NRL$  | $RDC$  |
|------------------------------|---------------|---------------|---------|--------|--------|
| 引纸辊（网宽 5m 以上，车速 450m/min 以上） | 0.0007~0.0009 | 0.0014        | 平滑压榨（组） | 0.0227 | 0.0272 |
| 真空吸移辊                        | 0.0019~0.0087 | 0.0024~0.0104 | 压纹压榨（组） | 0.0213 | 0.0255 |
| 毛毯真空挤水压榨（组）                  | 0.014~0.021   | 0.017~0.025   |         |        |        |

表 11-14 压榨辊组的部件的传动功率  $NRL$  值 [为式 11-14 之计算用]

| 压榨辊组的部件     | $NRL / \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \}$ | 压榨辊组的部件           | $NRL / \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \}$ |
|-------------|--|-------------------|--|
| 沟纹压榨辊（每辊）   | 0.00096  | 真空压榨辊（每辊）         | 0.00193  |
| 硬辊面平压榨辊（每辊） | 0.00116  | 压榨辊刮刀（每把）         | 0.00048~0.00096  |
| 包胶平压榨辊（每辊）  | 0.00135  | 毛毯吸水箱（每个，最多为 2 槽） | 0.005  |

$$(NRL)_{cc} = 0.000029 \sqrt{p_n \cdot v_{\max}} \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \} \quad (11-16)$$

式中  $v_{\max}$  ——造纸机的最大工作车速，m/min，对居斯台尔斯（kusters）厂的浮动辊（S 辊）

$$(NRL)_s = 0.000083 p_n + 0.00116 \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \} \quad (11-17)$$

对爱修伟士公司的辊，用英制单位计算，其结果可乘以 0.96 得到上式公制单位的指标值，

$$(NRL)_{\text{Nipco}} = \left( 20 - \frac{1200}{p'_n} \right) [6 \times 10^{-8} v'_{\max} + 3 \times 10^{-5}] \{ \text{lb} / [\text{in} (\text{ft}/\text{min})] \} \quad (11-18)$$

式中  $p'_n$  ——压榨线压，lb/in

$v'_{\max}$ ——造纸机最大工作车速，ft/min

毛毯的  $NRL$  值同毛毯类型及拖动的导毯辊数有关，对于普通毛毯为

$$(NRL)_{\text{毯普}} = 0.000044 p_n + 0.0007 n_4 \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \} \quad (11-19)$$

而对于合成纤维毛毯为

$$(NRL)_{\text{毯合}} = 0.000017 p_n + 0.0007 n_4 \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \} \quad (11-20)$$

式中  $n_4$ ——该毛毯拖动的导毯辊数

因纸幅有张力差而需用的传动功率  $NRL$  指标值  $(NRL)_{\Delta T}$  按下式计算

$$(NRL)_{\Delta T} = 0.0000163 \Delta T \{ \text{kW} / [\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})] \} \quad (11-21)$$

式中  $\Delta T$ ——纸幅张力差，N/m

由以上各式计算所得的部件或全压榨部的  $NRL$  值后，应乘以表 11-15 中的系数来求得相应的  $RDC$  值。

表 11-15 压榨部部件  $RDC$  值对  $NRL$  值的系数

| 压区线压 $p_n / (\text{kN}/\text{m})$ | <90 | <214.3 | >215 |
|-----------------------------------|-----|--------|------|
| $\frac{RDC}{NRL}$ 的最小比值           | 1.3 | 1.2    | 1.25 |

### 3. 烘干部的功率计算

在分部及部件指标法中通常用一个烘缸和一个导毯辊作为一个部件组给出其在各种条件的  $NRL$  及  $RDC$  指标值。烘干部的每个烘缸组分部  $NRL$  及  $RDC$  值等于若干个这样的部件组的指标值之和再加上烘缸刮刀数乘以其每刀指标值之积。

$$(NRL)_{\text{烘缸组}} = \sum (NRL)_{\text{缸辊组}} + \sum (NRL)_{\text{刮刀}} \quad (11-22)$$

$$(RDC)_{\text{烘缸组}} = \sum (RDC)_{\text{缸辊组}} + \sum (RDC)_{\text{刮刀}} \quad (11-23)$$

烘干部有牵引辊组时应按式 (11-18) 计算，其纸幅张力差可按复卷机上纸幅张力值的 0.3~0.6 倍计。烘干部部件组的传动功率指标值如表 11-16 所示。

表 11-16 烘干部部件组的传动功率指标值 单位：kW/ [m (m/min)]

| 烘干部部件组                      | $NRL$    | $RDC$                                      |          |          |          |
|-----------------------------|----------|--|----------|----------|----------|
|                             |          | 在 0.127m/s <sup>2</sup> 加速度下达到下列车速 (m/min) |          |          |          |
|                             |          | 305  | 610      | 914      | 1220     |
| 半干压光机 (组)                   | 0.0213   | 0.0255                                     |          |          |          |
| 施胶压榨 (组)                    | 0.0213   | 0.0255                                     |          |          |          |
| 刮刀 (每副) 金属                  | 0.00096  | —  |          |          |          |
| 塑料层合板                       | 0.00144  | —  |          |          |          |
| 玻璃纤维                        | 0.001632 | —  |          |          |          |
| φ1500mm 烘缸+φ508mm 导毯辊 (各 1) |          |  |          |          |          |
| 烘缸组内为：无干毯                   | 0.000672 | 0.001728                                   | 0.00192  | 0.0024   | 0.002784 |
| 单毯                          | 0.001248 | 0.002304                                   | 0.002088 | 0.003264 | 0.003744 |
| 双毯                          | 0.001728 | 0.00288                                    | 0.00336  | 0.004128 | 0.004704 |
| φ1800mm 烘缸+φ610mm 导毯辊 (各 1) |          |  |          |          |          |
| 烘缸组内为：无干毯                   | 0.000768 | 0.002304                                   | 0.002688 | 0.003264 | 0.00384  |
| 单毯                          | 0.001344 | 0.002976                                   | 0.003456 | 0.004224 | 0.004896 |
| 双毯                          | 0.001824 | 0.003648                                   | 0.004224 | 0.005148 | 0.006048 |

4. 纸机压光机的功率计算

纸机压光机需用传动功率计算的组成相似于压榨辊组的功率计算，主要由不同结构类型的压光辊摩擦负荷、压光辊刮刀和纸幅张力差等因素组成，其中纸幅张力差所需功率的  $NRL$  指标值按式（11-18）计算，而对于不同纸种的  $\Delta T$  值可按式（11-25）计算。压光机部件的  $NRL$  值见表 11-17，由各部件  $NRL$  值相加后得纸机压光机的  $NRL$  值，计算其  $RDC$  值时建议用 1.33 的系数。

| 表 11-17 纸机压光机部件的 $NRL$ 指标值 单位: kW/ [m (m/min)] |                    |          |
|--|--------------------|----------|
| 序 号  | 纸机压光机部件            | $NRL$    |
| 1  | 普通压光辊（每辊）          | 0.000864 |
| 2  | 刮刀（每副，线压 536.2N/m） | 0.002208 |

用于纸机压光机的各型可控中高辊的  $NRL$  指标值可按式（11-16）～（11-18）计算。  
纸机压光机线压高于 107kN/m 时，其  $NRL$  值应加上一项  $(NRL)_{pn}$   
$$(NRL)_{pn}=0.000274 (p_n-107) \text{ kW/ [m (m/min)]} \tag{11-24}$$

式中  $p_n$  ——压区线压，kN/m

用于纸机压光机和圆筒卷机上纸幅张力差的  $NRL$  值计算的纸幅张力  $\Delta T$  可按下式计算：

$$\Delta T= [\alpha \cdot (q_w)] \beta \tag{11-25}$$

式中  $q_w$  ——纸的定量，g/m<sup>2</sup>

$\alpha$ 、 $\beta$  ——常数，见表 11-18

表 11-18 计算纸机压光机及卷纸机上纸幅张力差  $\Delta T$  式中的常数

| 纸 种                | $q_w/ (g/m^2)$ |         |          |         | $q_w (lb/3000ft^2)$ |         |          |         |
|--------------------|----------------|---------|----------|---------|---------------------|---------|----------|---------|
|                    | 纸机压光机          |         | 卷 纸 机    |         | 纸机压光机               |         | 卷 纸 机    |         |
|                    | $\alpha$       | $\beta$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\alpha$            | $\beta$ | $\alpha$ | $\beta$ |
| 牛皮纸                | 0.0307         | 0.6     | 0.1135   | 0.53    | 0.05                | 0.6     | 0.185    | 0.53    |
| 证券纸<br>涂布纸         | 0.0184         | 0.5     | 0.0736   | 0.6     | 0.03                | 0.5     | 0.12     | 0.6     |
| 新闻纸<br>磨木浆纸<br>字典纸 | 0.008          | 0.3     | 0.08     | 0.53    | 0.013               | 0.3     | 0.13     | 0.53    |

5. 圆筒卷纸机的功率计算

圆筒卷纸机的传动功率计算同纸机压光机相似，其总的  $NRL$  值（表 11-19）由卷纸辊压区负荷、纸幅张力差、刮刀和在纸的定量  $< 57g/m^2$  及纸机传动特征值  $K_m > 3870m(m/min)$  时的卷纸辊等项相加而得，其中纸幅张力差的  $NRL$  值同上纸机压光机计算，用表 11-18 及表 11-19。

| 表 11-19 圆筒卷纸机部件的 $NRL$ 指标值 单位: kW/ [m (m/min)] |          |             |          |
|--|----------|-------------|----------|
| 圆筒卷纸机部件  | $NRL$    | 圆筒卷纸机部件     | $NRL$    |
| 卷纸缸与卷纸辊间的压区                                    | 0.00288  | 卷纸辊传动（单独传动） | 0.001152 |
| 卷纸缸刮刀（线压 536.2N/m）                             | 0.002592 |             |          |

由圆筒卷纸机的总 NRL 值求 RDC 值时可乘以系数 1.25, 而卷纸辊传动的 RDC 值应考虑加速负荷而乘以系数 2~2.2。

## 第二节 造纸机电气传动与控制

### 一、概 述

#### (一) 造纸机电气传动的背景及定义

随着近代电子技术、元件、计算机技术不断地更新换代, 造纸机电气传动技术和装备也随之经历了脱胎换骨的过程。造纸机仍然是作为一种恒转矩的负载, 国内某些大型老造纸企业, 在电气传动上几乎囊括了各个不同时期的传动系统性, 可以说是一种历史的缩影。

给造纸机电气传动下一个确切的定义: 以电动机的转速为对象, 按生产机械的工艺要求, 对电动机的转速进行控制的自动化系统。它的组成就必然包括了: 功率部分、控制部分、电动机三大件, 从广义上讲这适用于所有生产机械, 并非造纸机所专用。

#### (二) 造纸机的传动要求和传动形式

##### 1. 造纸机的传动要求

(1) 造纸机传动装置的形式是按照造纸机的生产品种、产量和质量等要求来选择的, 并非越先进越好。一般长网造纸机必不可少地都会有以下传动点:

- 湿部 { 网部——真空伏辊、驱网辊、回头辊 (含多层叠网的传动)  
压榨部——吸移辊、毛毯压榨、传递压榨、平压榨 (含近代的盲孔压榨、复合压榨、靴式压榨等)
- 干部 { 烘缸——单缸、多组等  
压光——普通压光 (两辊或多辊)、软压光、超级压光 (一般机外配置)  
卷取——卷取辊、纸轴驱动

对于多层迭网、机内涂布等纸机传动点会更多一些, 少则 9 到 10 余个传动点, 多则数十上百个传动点, 因有的机台为每一个烘缸设定一个小型传动点, 因此没有定数。

(2) 不论任何配置对传动系统的要求都是一致的, 因为造纸机作为一种恒转矩负载, 它的负载是: 基本恒定、转速恒定的稳速系统。①工作速度的调节范围。现代调速系统、调速范围可以做到 1:30 甚至更高, 但造纸机最高要求在 1:10 以内, 这是指生产同一纸种。如果改变工艺条件, 生产不同产品 (定量) 就有不同的要求, 因此一般也不会超过 1:5, 这并不是最关键的指标。②维持车速稳定。影响它的因素很多: 如电源电压的波动、供电电源周波的变动、纸机工艺条件的改变、网和毛毯的清洁度——网格、毛孔的被堵塞、真空度的变化、烘缸排水不畅大量积水、机械传动条件的变化等都会造成定量波动和纸幅断头。因此这是对传动系统最关键的一个指标。换成电气专业的术语就指调速的静态精度和动态精度两个主要指标, 当然它也不是绝对的。现代调速系统采用微处理机系统, 理论上可以达到百分之一、千分之一、甚至数万、数十万分之一, 这都是线性系统的理论值 (或实验室)。比如我们在调试现场要求外商对传动系统测试, 以保证精度达到合同书上的数万分之一, 外商则提出一个反提资: 要求保证测速机联轴器、电动机、齿轮箱、联轴器、轴承、辊筒在同一传动点上的垂直偏差,  $360^\circ$  范围内小于  $1^\circ$ ! 这个概念就是: 齿轮箱没有间隙就不能转动! 一有间隙则是非线性因素, 原精度指标的理论限定就不复存在, 一般现代高速纸机, 在线实测精

度千分之一都可以满足生产要求了。③各分部间速比的调整。由于纸页成形过程中由湿到干，它自身有一个伸长（拉长）的过程即纵向伸长、横向收缩、高速纸机经烘干进入卷取过程，一些机台还配置了冷缸，纸页又有一个收缩的过程，纵、横向均收缩。因此要求各分部传动点之间存在速差，这就是工艺上要求各分部的线速度可以微调。不同纸种、不同车速要求均不同，一般纸机网部和卷取之间的线速度相差数米每分至数十米每分。更重要的是要维持各分部间既定速比的稳定。④爬行车速，是为了检查和清洗铜网（聚酯网）、毛毯、干毯以及检查各分部的运行情况，安全车速要求是在 15~25m/min 内。

2. 造纸机传动的型式

①总轴传动。采用交流异步电动机、直流电动机或交流整流子电动机单独驱动总轴，既可以固定总轴速度不变，又可以调节总轴的速度，各分部速比调节纯粹是机械方法，采用锥形皮带轮，无级变速的三角皮带轮或差动机构来实现，这是一种比较古老而落后的传动方式。②分部传动。分部传动有电动—发电机组，直流传动调速系统，交流变频调速系统等几种形式。

分部传动是指多电机传动，它是采用电气的方法代替机械的方法来调节全机速度和分部之间的速差，仅就直流传动而言也是五花八门的它经历了电力扩大机、磁放大器、电子管放大器、可控硅单、双闭环系统等等，交流系统也经历了电磁滑差，变频调速等过程。

(三) 传动功率的计算

确定造纸机功率有两种方法：单位指标法和分部算法（牵引力法）

1. 单位指标法

这是一种经验公式，通过对一系列造纸机实际测定的功率归纳出  $k$ ——耗用功率的单位指标  $\text{kW}/[\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})]$ ，再根据每米造纸机幅宽（m）和车速（m/min）来表示需用功率，见式 11-9。

表 11-20 给出一组参考数据。

表 11-20 参 考 数 据

| 纸机的分部 | 耗用功率的单位指标 $k$ | 适用纸机        | 纸机的分部 | 耗用功率的单位指标 $k$ | 适用纸机                |
|-------|---------------|-------------|-------|---------------|---------------------|
| 长网部   | 0.075         | 书写纸、印刷纸、新闻纸 | 烘干部   | 0.0019        | 每米烘缸和烘毯直径来计算辊数为 8   |
| 普通压榨辊 | 0.021         |             | 压光机   | 0.042         |                     |
| 真空压榨辊 | 0.029         |             | 圆筒卷纸机 | 0.012         | 新闻纸、印刷纸、牛皮卡纸则为 0.01 |
| 平滑压榨辊 | 0.007         |             |       |               |                     |

$$P = kbv \tag{11-26}$$

式中  $k$  ——耗用功率单位指标， $\text{kW}/[\text{m} \cdot (\text{m}/\text{min})]$

$v$  ——车速， $\text{m}/\text{min}$

$b$  ——幅宽， $\text{m}$

这样算出来的数字只是选择电气设备的原始资料，作为生产厂家是根本不需要你去计算或复核的，因造纸机械厂商都有成套的成熟资料，我们所需要的只是两个功率系数，一是正常运转负荷容量数（NRL），一个是推荐选用的容量数（RDC）。



## 2. 分部计算法

它是针对纸机各分部实际耗用功率情况，根据受力的具体情况和要求加以分析来进行计算的。

(1) 克服轴承内的摩擦所需用的功率。

$$P_1 = Fv_2 / 60 \times 102 \text{ (kW)} \quad (11-27)$$

式中  $F$  —— 轴承内的摩擦力，N

$v_2$  —— 轴颈的圆周速度，m/min

$$F = F'f, \text{ N}$$

$F'$  —— 轴承上的总负荷，N

$f$  —— 轴承中的摩擦因数

(2) 克服两辊之间的滚动摩擦所需的牵引力  $F_1$ 。

$$M_1 = KF' \text{ (N} \cdot \text{M)} \quad (11-28)$$

式中  $F'$  —— 两辊之间的压力，N

$K$  —— 滚动摩擦因数，m

附加于下辊的动力矩

$$M_d = F_x \frac{D_x}{2} \text{ (N/cm)} \quad (11-29)$$

$D_x$  为下辊直径 (cm)

则

$$F_x = \frac{2KF'}{D_x} \text{ (N)} \quad (11-30)$$

同理对上辊

$$F_s = \frac{2KF'}{D_s} \text{ (N)} \quad (11-31)$$

$D_s$  为下辊直径 (cm)

$$F_T = F_x + F_s = 2KF' \left( \frac{1}{D_x} + \frac{1}{D_s} \right) \text{ (N)} \quad (11-32)$$

(3) 用来克服刮刀对辊筒或对烘缸的摩擦所需的牵引力  $F_2$ 。

$$F_2 = f_d q_d b \text{ (N)} \quad (11-33)$$

式中  $f_d$  —— 刮刀对辊的摩擦因数

$q_d$  —— 刮刀对辊的线压力，N/cm

$b$  —— 刮刀对辊接触的长度，cm

(4) 用来克服铜网与吸水箱表面摩擦的牵引力为  $F_3$ 。

$$F_3 = f_e A p \text{ (N)} \quad (11-34)$$

式中  $f_e$  —— 铜网与吸水箱之间的摩擦因数

$A$  —— 吸水箱的有效面积 (抽气面积)，cm<sup>2</sup>

$p$  —— 真空度的平均值，Pa

(5) 用来克服密封物与真空辊外壳之间的摩擦和烘缸蒸汽头密封填料的摩擦所需的牵引力  $F_4$ 。

$$F_4 = P_m A_m f_m d_o / D \text{ (N)} \quad (11-35)$$

式中  $p_m$  —— 密封物的单位压力，Pa

$A_m$  —— 密封物与辊筒的回转面的接触面积，cm<sup>2</sup>

$f_m$  —— 密封物与真空辊内表面之间的摩擦因数

$d_o$  —— 产生摩擦的回转面的直径，cm

$D$ ——辊筒或烘缸的外径, cm

选择纸机各分部电动机时, 其功率采用最大牵引力进行计算, 还要考虑纸机起动时的启动力矩  $M_n$

$$M_n = M_g + M_t \quad (11-36)$$

式中  $M_g$  ——克服惯性力的启动力矩,  $N \cdot m$

$M_t$  ——克服启动时的摩擦力的力矩,  $N \cdot m$

实际上在没有必要用上述这些公式去进行设计或复核现有纸机传动电动机的容量是否适应生产要求, 只是根据现场生产实际情况去考虑各分部传动系统电动机的容量是否合适。一般来说对直流传动系统总负荷率约为装机容量的 50%~60%; 交流传动总负荷率为装机容量的 70%~80%; 因为工艺条件是千变万化的, 特别是烘缸排水, 当排水不畅, 烘缸内虹吸管内冷凝水的水膜受破坏, 形成一种紊流状态, 就是任何先进的调节系统也难以适应的。

### 3. 电动机功率的选择

作为工矿企业的电气技术人员, 要掌握在改变纸种, 提高车速的情况下, 如何选择电动机的功率。

(1) 一般用下列公式:

$$P = n / n_o \cdot P_o \quad (11-37)$$

式中  $P$  ——提速后的电动机功率, kW

$P_o$  ——原车速下的电动机功率, kW

$n$  ——提速后的车速, m/min

$n_o$  ——原车速, m/min

这也是一个经验公式, 细分时根据不同分部都要采用不同的系数  $K$ , 同时某些分部采用  $(n / n_o)$  的一次方, 某些分部采用  $(n / n_o)$  的二次方, 这都是以 NRL——正常运转负荷容量作为计算基础的。

(2) 另一种情况就是要提高压榨部的线压力, 当然也是为了提高车速, 也是依据一种经验公式计算出 NRL。

计算线压的公因数  $K = 57.75 \text{ kN/m}$ 。

各种不同线压下的系数如表 11-21 所示:

表 11-21 各种不同线压下的系数

|               |               |                |                |
|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 100kN/m——3.02 | 220kN/m——6.60 | 170kN/m——5.27  | 320kN/m——10.12 |
| 130kN/m——3.88 | 250kN/m——7.63 | 180kN/m——5.37  | 330kN/m——10.4  |
| 140kN/m——4.17 | 280kN/m——8.67 | 190kN/ m——5.68 | 350kN/m——11.22 |
| 160kN/m——4.77 | 300kN/m——9.33 |                |                |

例如: 在 160kN/m 下

$$4.77 \times 57.75 / 2 = (137.7) \text{ 所需功率(kW)}$$

综合以上, 再按电动机型号规格向上取整。

以上的介绍都只是一种工程的估算方法, 详细的工程设计必须参考一些专用的书籍。

## 二、直流传动系统

### (一) 直流传动的一般原理

#### 1. 从电力拖动的角度来讲

造纸机也只是一种负载，因此直流电动机的电力拖动运动方程式是普遍适应的。其电力拖动系统如图 11-7 所示。

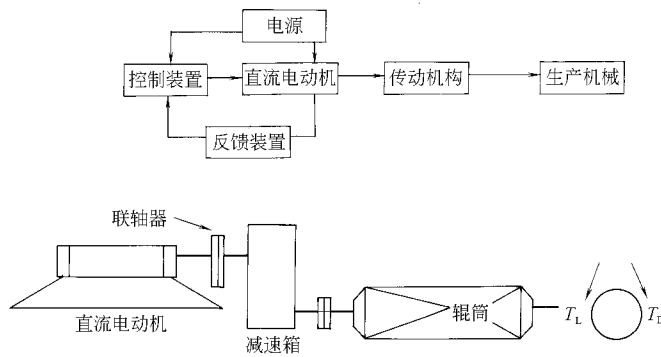


图 11-7 电力拖动系统示意图

$$T_D - T_L = J = \frac{d\Omega_D}{dt} \quad (11-38)$$

式中  $T_D$  —— 电动机电磁转矩， $N \cdot m$

$T_L$  —— 负载转矩， $N \cdot m$

$d\Omega_D/dt$  —— 角加速度， $rad/s$ ， $\Omega = \frac{2\pi n}{60}$

$J$  —— 转动惯量 ( $n \cdot m \cdot s^2$ )

$n$  —— 系统转速 ( $r/min$ )

飞轮惯量 (飞轮矩)  $GD^2 = 4gJ$

式中  $G$  —— 系统转动部分的重量， $N$

$D$  —— 系统转动部分的直径， $m$

$g$  —— 重力加速度， $9.8m/s^2$

则 
$$T_D - T_L = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt} \quad (11-39)$$

式中 375 —— 具有加速度的量纲系数， $(m/min) \cdot s^{-1}$

## 2. 生产机械的负载转矩特性

(1) 恒转矩负载特性： $T_L$  与  $n$  无关。即  $T_L = C$  (常数)。

造纸机则属于一种恒转矩的负载：① 反抗性恒转矩负载——指摩擦转矩负载 (方向相反)。② 位能性恒转矩负载——大小、方向恒定不变 (与方向无关)。

(2) 泵及风机类负载转矩特性：负载转矩的大小与转速平方成正比。

$$T_L = Kn^2 \quad (K \text{ 为比例系数}) \quad (11-40)$$

式中  $T_L \propto n^2$

(3) 恒功率负载转矩特性：当  $n$  变化时，负载从电动机轴上吸收的功率基本不变。

$$T_L = \frac{P_2}{\Omega} = P_2 \cdot \frac{60}{2\pi n} \quad (11-41)$$

式中  $P_2$  —— 电动机轴上输出功率

即 
$$T_L \propto \frac{1}{n} \quad (\text{双曲线})$$

## 3. 他励直流电动机的机械特性

直流电动机转速特性方程式：

$$n = \frac{U - IR}{C_e \Phi} \quad (11-42)$$

式中  $U$  —— 电枢电压，V

$I$  —— 励磁电流，A

$R = R_a + R_\Omega$  —— 电枢电阻 + 外串电阻， $\Omega$

$\Phi$  —— 磁通，Wb

而电枢感应电势为：

$$E_a = C_e \Phi N \quad (V) \quad (11-43a)$$

电磁转矩为：

$$T = C_T \Phi I_a \quad (N \cdot m) \quad (11-43b)$$

就是这一基本公式成了直流电动机调速的理论依据，让我们记住：

$$n = \frac{U - IR}{C_e \Phi}$$

在额定转速  $n_e$  以下调压调速， $I$ 、 $\Phi$  不变为恒转矩调速。

在额定转速  $n_e$  以上调磁调速， $\Phi \downarrow$  保持  $U$ 、 $I$  不变是恒功率调速。

## (二) 直流传动系统的发展过程

直流电动机的调速性能好，一直是要求有较好性能的传动系统装置的首选，问题是如何去获得稳定的直流电源？在可控硅（SCR）问世以前采用水银整流器、电动—发电机组供电，不仅占地面积大、初投资大、维护运行费用也高，我国第一个 5A 可控硅元件据资料介绍是 1958 年由原北京整流器厂生产制造的。由于它效率高、重量轻、无噪音、无振动、操作方便又没有转动部分、一时间发展很快，它可以实现无级调速，甚至省掉齿轮箱，造纸、印染、纺织、塑料等行业率先普遍采用，后又发展到冶金、轨机等钢铁企业。原轻工业部“三化”电传小组通过在西安的试验，进而选择齐齐哈尔造纸厂做工业实验，最后确定了为国产 3150 mm / 330m/min 造纸机配套的可控硅双闭环传动系统，当时样机设备由上海整流器厂生产，先后在齐齐哈尔造纸厂、南平造纸厂、广州造纸厂的 3150mm/330m/min 纸机上配套。由于当时电子元件的质量不稳定，加上系统设计是以分立元件为主，致使在运行中故障率很高，本身是模拟系统，精度就不高，70% 以上的故障是“接触不良”所引起，30% 左右是由于晶体管，稳压管，电阻、电容等电子元器件失灵（温漂或失效）所致。以后在运行、维护过程中积累了经验。

到 20 世纪 70 年代中期，集成元件的应用，率先由武汉大学推出了集成化的控制装置，之后统称为“大板结构”，使故障率大大下降。80 年代大家都去研发“大板结构”，集成度也越来越高，加上可控硅元件质量也极大地提高，也曾风行了一时。80 年代末和 90 年代随着开放改革，国外的先进技术和装备拥入，这一股热潮又转化为引进和国内数字化系统。在直流传动日趋完善的同时，又引入了交流调速系统，并迅速占领了市场，90 年代中、后期国内装配的中、小型纸机均无一例外地采用了交流变频系统，分立元件的双闭环系统几乎淘汰，“大板结构”集成化的模拟系统也没有了市场。

## (三) 介绍一种典型的实用线路

某厂一台纸机，抄宽 4m，设计车速 450m/min，是 20 世纪 50 年代安装投产的一台进口

纸机。运行了近 40 年，中间经一些修复性改造，尚能继续维持生产，但由于印刷机械装备的改进，对纸张要求越来越高，因此对该台纸机于 1996 年做了一次全面的改造，抄速由 450m/min 提高到 750m/min（设计）。

该纸机传动系统是 Siemens 公司配套的电动—发电机组、直流传动、9 个分部、机械差动调速系统、使用自整角机。主原动机 1120kW/3kV，主发电机 900 kW /460V。应该说该厂对这台纸机的运行维护工作是不错的，并常伴以小修小改，1992 年在差动台上又增加了一个传动点，自配差动电阻器，车速也逐步提升到 500m/min，后来进行改造时旧系统全部淘汰了，采用了 Siemens 分部传动系统，整流变压器 6/0.4、△/Y-11、2000kVA、13 个传动点采用直流（国产 Z4 系列）电机和 7 条导纸辊普通 Y 系列 7.5 kW 交流电动机、变频器供电、无速度反馈，也不参与速度链控制，总装机容量 730 kW。监控系统采用 Coros，操作面板采用 OP25。当时尚未使用 WIN—CC 系统。如图 11-8 所示，这个时候 Siemens 公司推出的是 6RA24 系列，比两年前的 6RA22 又有所提高。

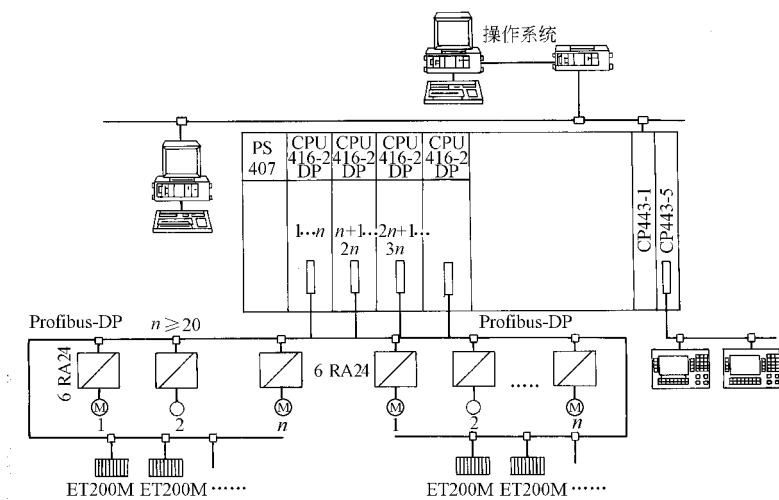


图 11-8 6RA24 系列（Siemens 公司）

### 三、交流传动系统

#### （一）交流传动的一般原理

我们已在前面介绍了电力拖动的传动方程式、生产机械的负载转矩特性，因此我们可以直接进入交流传动调速的基本原理。

$$n = (1 - S)n_1 = \frac{60f}{p}(1 - S) \tag{11-44}$$

式中  $S$  —— 转差率  $S = \frac{n_1 - n}{n_1} = 1 - \frac{n}{n_1} \tag{11-45}$

$n_1$  —— 同步转速，r/min  $n_1 = \frac{60f}{p} \tag{11-46}$

$f$  —— 频率，Hz

$p$  —— 极对数

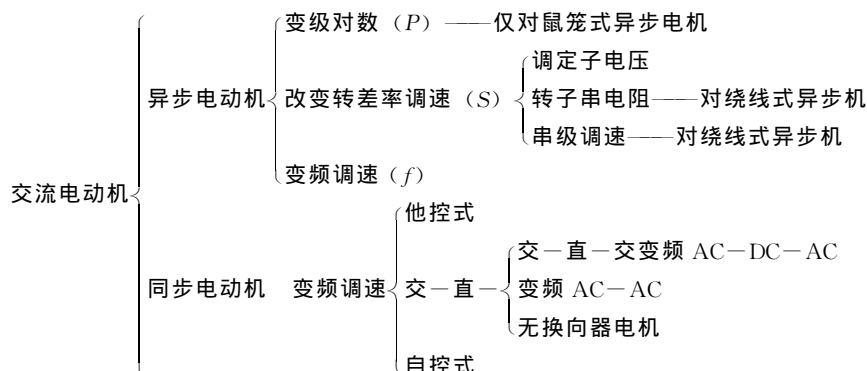
同样，在额定转速  $n_e$  以下，调压调速是恒转矩调速。

在额定转速  $n_e$  以上，调压调速是恒功率调速。

从上述异步电动机转速的方程式，我们就可以获得异步电动机调速的多种方法，让我们

记住：
$$n = \frac{60f}{p}(1-S)$$

交流电动机调速方式如下：



在以上众多的调速方式中，采用电磁离合器，属于变转差率调速；而串级调速则是改变转差电压。改变转差率进行调速时，由于低速时转差率大，转差损耗也大，所以效率低，我们常见的一些小型、低速纸机采用“电磁滑差”调速就是这里所指的改变  $S$ ，它是普通的异步电机加上一个电磁滑差离合器组成，近年已经被淘汰，不再采用。

## （二）交流传动的发展过程

在造纸机的传动发展过程中，虽然一度使用了电磁滑差方式，如前所述这是一种没有前途的方式，人们就开始在  $f$ （频率）上想办法，因为变频调速从低速到高速都可以保持有限的转差率，因此能够具有较高效率、宽范围和高精度的调速性能。开始时要改变频率需要有变频电源，采用旋转变频机组或离子变频器，但损耗大，可靠性差，不能得到推广。20 世纪 60 年代以后可控元件以及交流技术的发展，才使得在造纸上的应用成为可能。

综上所述：

- （1）通过集电环改变转子电阻来改变转差率，这种方法转差损耗很大。
- （2）通过改变定子电压来改变转差率，这种方法转差损耗也很大。
- （3）通过改变极对数来改变转速，这种办法不能连续变速。

虽然这三种方法都是成熟的，也被采用了，但存在相当大的局限性，调速性能也差，人们就集中精力去研究第四种办法。

（4）改变频率来改变转速，这是一种理想的方法。对恒速传动场合，随着电力技术，微处理器技术的发展和现代控制技术的进步使交流调速技术在 20 世纪 80 年代取得了极大的发展，本节重点介绍这一方法。

作为交流变频调速系统，它自身也在不断经历改进、发展的过程。

最开始还是一些简单的开环“点对点”的控制，以这种条件装备的纸机也曾经流行了一段时间，并且明显优于直传动，故障率低，运行维护工作量小，受到低速、小型纸厂的欢迎。这称为模拟开环阶段即  $V/F$  控制通用型变频器加模拟外部速度链控制。随变频技术的进步和开发，相继推出了，矢量控制、磁场定向控制至最新的直接转矩控制系统（DTC），这样的系统：以变频器数字输入端为控制信号，PLC 为运算控制中心的全数字化系统，随即又实现了从变频器到操作台的全数字化操作，即使用触摸屏或运程 I/O 单元作操作站，从定义角度讲即 DCS 传动系统。

### （三）介绍几种典型的实用线路

某厂从国外购买了一台二手纸机，抄宽 8m、车速 900m/min，可控硅直流分部传动系统，开机前连续运行了 27 年，经历次改造。但直流传动系统基本没改。据说是 Siemens 公司 20 世纪 60 年代中、后期在欧洲的第一台大型可控硅供电的分部传动系统，它致命的弱点是一个桥臂最多达 12 个螺旋型 350A/450V 可控硅管串、并联，以分立元件为主的模拟系统。根据这一情况彻底对传动系统做了改造，采用 ABB 公司全新的交流变频调速系统、电动机容量按最高 1100m/min 准备，共 23 个传动点，供电电压采用 690V~系统，两台最大电动机容量均为 800kW/690V，控制系统器 AC80 系国内首次引进。

总装机容量 5560kW，配置了三台整流变压器  $2 \times 2000\text{kVA} + 1 \times 2500\text{kVA}$ ，6/0.73kV，为消除系统对电网三次谐波的影响，2000kVA 变压器采用 D<sub>y</sub>n11 组别；2500kVA 变压器采用 Y<sub>y</sub>nO 接法、相位角相差 30°。分三段直流母线、整流后的直流电压 930V 再通过各个分部的 ACS600 变频器（逆变部分），还原为 690V~，是典型的 AC—DC—AC 系统（即交—直—交），考虑到纸机干燥部惯性大且经常需要制动的负荷特点，为其提供电源的整流器为再生式双向全桥（TSU）；其他两段则分别采用单向全桥二极管整流（DSU），所有 ACS600 系列变频器均采用模块式大功率电子元件——IGBT（绝缘栅双极性晶体管）作为变流元件，其高频关断能力是保障系统高灵敏度和高精度的基础。

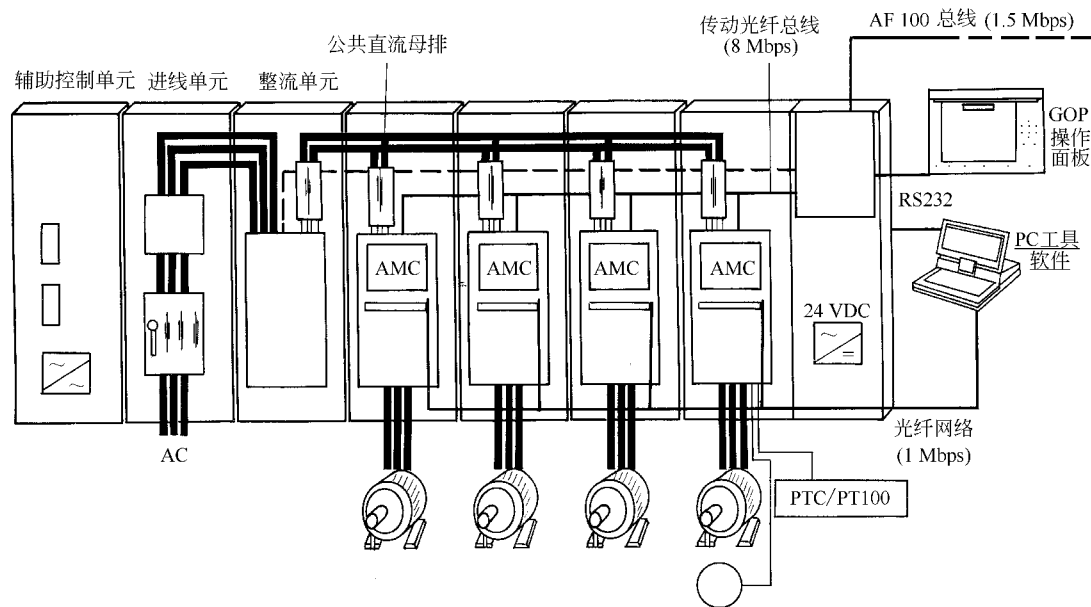
为保证系统能在大范围内调速，电动机也全部从芬兰进口变频系列的专用电机，其特点是在 0~300Hz 的范围内稳定运行。现场操作台设置图形化的 GOP 及急停、安全灯、安全开关、大屏幕显示器等。

这个系统的控制核心就由 4 台 AC80 和一台应用控制器 APC 组成，每台 AC80 内均装有相同的系统软件和不同的应用程序，通过光纤分配器分别控制数量不等的分部变频器（一台 AC80 最多可控制 8 台变频器）；四台 AC80 在总线管理器（BA）的统一管理下，通过双绞线连接组成 AF100 通讯总线，将整台纸机联成一体，操作面板上图形化的 GOP 直接与 AC80 通讯，在 GOP 面板上进行的所有操作均进入相应的 AC80 应用程序运行后，再发指令给相应的 ACS600，实现操作功能。这就是造纸机传动中常指的速度链。APC 也装有系统软件 and 应用程序，它是通过调制解调器（MODEM）与四台 AC80 进行数据交换，然后再与纸机的 QCS 系统通讯；传动的监控系统也是通过它去监视、重要参数如数差、负荷分配等又可上装或下载，以重新设置（如辊径）、故障诊断和复位等工作。

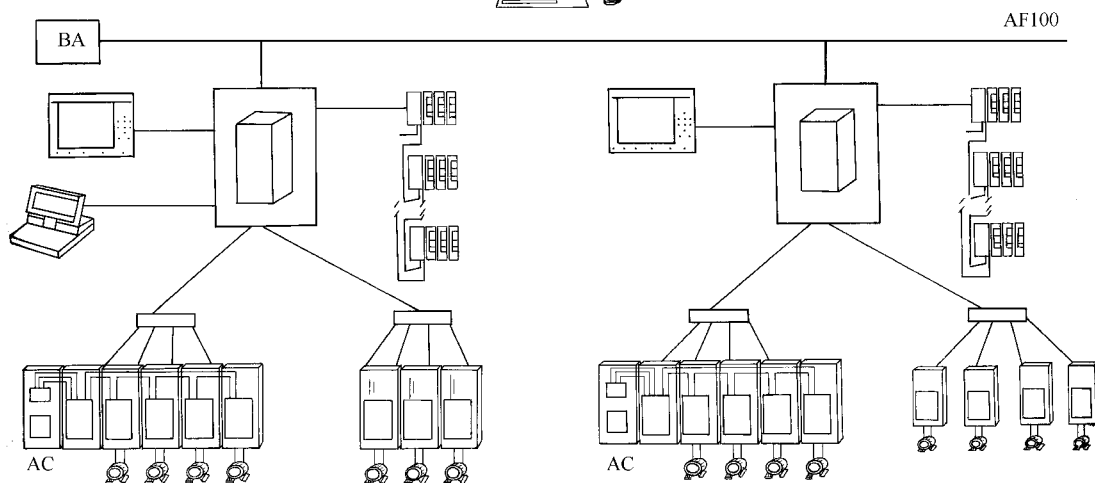
系统控制参数可分为两类，一为系统参数——包括总车速、各分部速度限幅、辊径、速差限幅等，且在正常情况下这一类参数是不变的，均存放在 AC80 应用程序中；另一类参数为分部参数，包括变频器参数、电机参数、编码盘参数等。放置在该分部变频器所对应的马达控制器 AMC 中，只能在本分部内调用，同时很多参数是随负载变化的，并且开发 Drive Windows 系统，对这些参数进行在线监视、检测。

另外为保障上浆系统的稳定性和精度、混合泵及上浆泵均纳入传动系统，新系统采用基数有条件可调法（即分段控制）对两台泵进行速度调节，具体做法是将仪表送来的 4~20mA 信号分段处理，各段对应不同的速度调节斜率，既保证了系统的快速响应，又保证了系统的稳定性，满足生产工艺要求。

按惯例，纸机爬行、点动车速为 15m/min，网部运行车速为 300~900m/min，必须要更换减速箱速比后，车速才能提升到 1100m/min，那么系统要重新输入减速箱速比参数，不必再进行其他电气试验。通用性原理配置见图 11-9。



a



b

图 11-9 ABB 公司的系统控制的配置示意图

a—传动系统的配置 b—控制系统典型配置

## 四、造纸机电气传动中的特殊问题

### (一) 张力控制

在抄纸过程中，通过烘缸进入压光以前，基本上已经达到成纸的干度要求，即纸页伸缩率已经很小，特别对大型、高速纸机纸幅断一次头损失是很大的。对于有机内涂布（施胶）的造纸机更加明显，它有前（预）烘缸和后烘缸的配置，又要经历“加水”——“脱水”的过



程，这就必须引入张力控制。

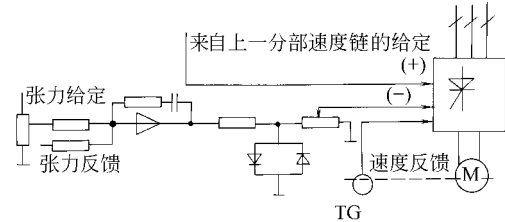


图 11-10 直接张力检测和控制方式

对直传动，就将压光及卷取部直流电动机改为积复励接线方式，其他分部为它励，对交流传动就是在压光部增加一个负补偿的滑差补偿环节。目的都是使该分部电动机的机械特性变软一些，因为湿纸页弹性大，干纸页发脆。

在控制系统中做处理是很方便的，只是在速度给定环节增加一个负反馈的输入量，问题是如何控制这个“量”？虽然对各种不同的纸张都有相关的恒张力的指标（N/m），但关键还是熟练的操作工人自己摸索、掌握的一个范围，既能拉紧纸页，又不至于引起断头。

直接张力控制在复卷机系统中更为重要，因为它的复卷速度一般是纸机抄速的 2~2.5 倍左右，不能适时进行恒张力调节，轻则影响纸卷的质量，重则“啪”一声、拉断纸页满天飞，又要清理重新接头，重新卷进。标准的成品卷筒纸，要求是无接头，最多也只能控制在 2~3 个接头以内，否则用户有意见。

（二）负荷分配

现代长网造纸机在网部和压榨部都会出现 2~3 台电动机同时驱动的情况，如典型的长网部，一般有真空伏辊、驱网辊和回头辊三个传动点，三台（或二台）不同容量的电动机驱动同一张网（胸辊一般是没有传动的）；真空压榨也有类似的真空吸移、真空压榨、传递压榨、毛毯压榨等 3~4 台电动机；软压光也是上、下辊电动机分别单独传动的。各传动点之间不是刚性的硬连接，而是通过网、毛毯、纸页之间的一种软性接触，这就必然会出现各台电机之间的负荷分配问题，不要造成一台电机过负荷，另一台电机甚至处于发电状态、被拖动、电流反向。

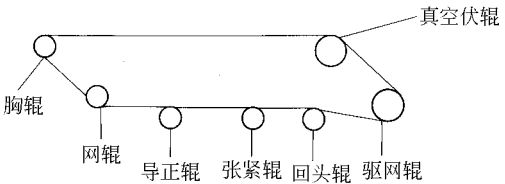


图 11-11 长网造纸机网部的两个传动点

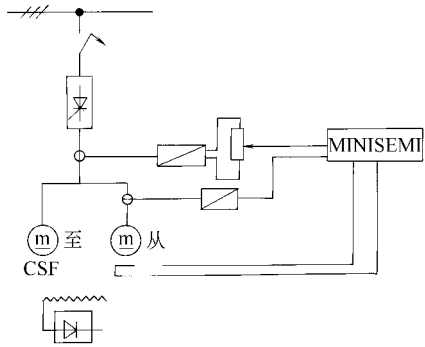


图 11-12 两点调磁示意图

负荷分配的原则理论上是要求各个传动点表面辊筒的线速度一致，这样就可以延长贵重品（网、毛毯等）的使用寿命，但各传动点的电动机功率、所驱动辊筒的直径不同、包角不同，同样也产生了负荷分配的问题，典型的长网造纸机在网部驱网辊与真空伏辊的负荷分配为 6 : 4，图 11-11 表示了长网造纸机网部的这两个传动点。

对直流传动而言，在主传动点——驱网辊设置调速发电机。一种方法是调磁，另一种方法是调压；对模拟系统笔者曾有过实验并成功运用于生产，有效地避免了由于负荷跑偏，导致烧坏电机，拉断铜网对生产和设备造成的威胁。

当然既可以是模拟量也可以是数字量，图 11-12 表示为一个两点调磁的示意图，原理是

根据电动机电流，通过负荷分配器，反馈给主传动环节的控制器的，或称主速度链。经主传动的控制器以子速度链的方式输入辅助传动的控制器。对数字系统也是以电动机的电流或转矩作为采样，进入 PLC 系统按约定的比例进行精确计算，再分别进入主、副传动的控制器参与调节，达到负荷分配的目的。

关于负荷分配有一种操作方法就是要求各传动点电动机的负荷力矩要相等，即所谓“均分负载”，认为只有这样才能保障运行稳定、不断头。但笔者认为着眼点应当放在各点线速度基本一致上，才能避免“打滑”以致加速贵重品的消耗。

（三）接地系统及抗干扰

接地和接零的问题，是很多电气技术人员都分不清的概念，也有过这方面的专著。但可操作性不强，因为“零”和“地”最终都是和大地连在一起，但各自的功能不同。

在电力系统中：接零是指变压器低压侧 380/220V 三相四线制系统中的中性线直接接地，它有工作零和保护零之分，例如对三相 380V~ 供电系统，将电气设备正常状态下不带电的导体部分与低压配电网的零线（中性线）连接起来就是保护接零；对单相 220V~ 照明或个别小容量电器设备来讲则是工作零。

从图 11-13 可知，零和地在操作上是一致的，因为最终都要与大地相连，并且接地电阻  $R$  也有一定的要求；但在概念上和功能上确是有所区分的！甚至我们可以泛指：零即是地、地即是零。

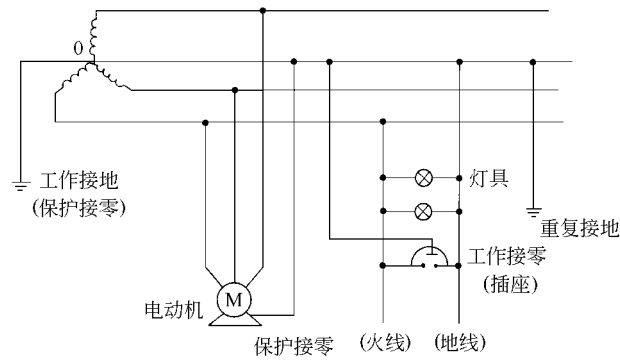


图 11-13 三相四线制系统

在控制系统中，特别是电子控制设备，为防止电磁环境干扰、噪音干扰等就有比较严格的区分了。就接地而言它也有工作接地和保护接地功能上的区别，还同时有屏蔽接地和环路地的概念，前者是指导线屏蔽层的接地，后者是指电路间信号联系时构成的地环路。这时电力系统多采用三相五线制供电即所谓的 TN—C—S 系统。

主体是三相四线制，对有特殊要求的是三相五线制，即将保护地（PE）和工作地（N）区分开来，但最后还是“万川归大海”，统统流入大地。如图 11-14 所示。某些公司要求 PEN 统一（三相四线），某些公司要求 PE 与 N 分离（三相五线），这都是符合国际电工协会规定，被允许的。但对接地电阻就不是一般的小于  $4\Omega$ ，而是小于  $1\Omega$ 。某些系统是不允许中性线直

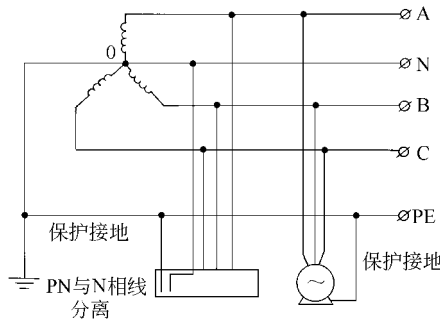


图 11-14 三相五线制系统

接接地的，对地是悬浮的。在工作实践中曾测得这种悬浮电压高达数十伏至一百多伏，最后导致稳压元件被击穿。这里指的是电子装置本身所要求的参考零电位作为基准电位，就把这一点称为工作接地点。

抗干扰越来越成为控制技术中的热门话题，在正常生产过程中控制设备莫名其妙地突然失灵、断头、停机，查找不出任何故障点，也发现不了任何电子元件的损坏表征，经停机检测、复位、再启动又恢复正常，类似于大家所熟悉的电脑“死机”现象，这就是干扰所造成的。有来自电力线路的干扰、也有来自空间电磁波的干扰，如雷电、开启日光灯管等，更有甚者来自电子设备自身的静电集聚。

一方面电子元件厂家，在生产中不断采用新的抗干扰技术，单个电子元件的抗干扰能力均有极大的提高，但对于生产操作过程的控制，则要充分考虑到成套控制设备和自动化系统的电磁兼容性（EMC）。一方面在工作中强电设备发出很强的干扰，同时弱电控制装置和传感器处于这些干扰的包围之中，环境就相当复杂了。

因此在工程实践中，首先是要考虑抑制电源干扰，这主要是采用各种滤波器和隔离变压器、配线和布局合理等手段。对通过桥架布线一般是“上高下低”，上层排列中压电缆、中层排列低压电缆、底层排列控制电缆和屏蔽电缆，为便于散热和屏蔽，底层采用托盘式带护罩桥架，中、上层采用梯级式桥架，层间、段间均应有良好的接地联结。底层还可以分隔为普通控制电缆、带屏蔽的屏蔽电缆和带护套的专用通讯电缆——层层、段段把关。在有条件的时候设置专用的电子控制电源变压器、变压器一、二次之间应有屏蔽绕组良好接地。不能分离的配电箱（动力箱）则采用“左高右低”的原则，最好的屏蔽线，对交流而言还是扭绞线——即双绞线，采用“交流分离”措施以后可大大提高控制装置电源传导的敏感度值。

第二就是采取措施抑制负载回路的干扰，这主要是指谐波干扰、电压降、周波瞬变、无线电干扰、电磁阀、继电器这些装置开、合时造成的干扰等等，主要措施则是设置稳压电源、消谐线路——阻容吸收及谐振滤波器，电路的三大组成为 R、L、C。消谐，消振也是从线路电阻、电感、电容这三要素的合理耦合来吸收或进行动态补偿，当然一定要因时、因地制宜，根据设备档次和要求来装备。

第三是对信号回路干扰的抑制，这主要是降低 I/O（输入/输出）接口、I/D（模数转换装置）接口的敏感度，它是可以测定的。一种是不对称的干扰，另一种是对称的干扰，采用隔离元件作电位隔离；从装置的硬件上设置滤波器。利用软件技术来抗干扰更是现代工业用微处理器的重要和独特的手段，例如高速采样删除最大值和最小值再取平均值，数据传输方面，采用数据检验和多次传输方法。

最后，目前还没有特别有效方法解决的是高压静电！特别对 500m/min 以上的中、高速纸机，进入压光、卷取之前，笔者曾借用高压静电测试仪测得为数万至数十万伏特！人站在卷取缸护栏前，头发都竖起来了。对设备的伤害就是“放电”使压光辊表面麻麻点点（起坑），曾仿照纺织行业使用静电梳，效果并不明显，最后还是用土办法：在进入压光前的纸页表面挂一长串编织细铜线或铜环再直接与机架与地相连；在控制室则绝对不要使用绝缘胶垫，只能使用防静电的地板胶。

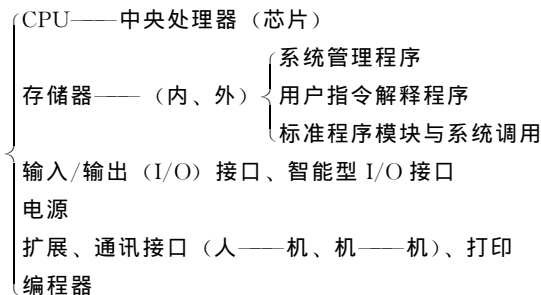
## 五、造纸机电气传动中的控制策略

### （一）PLC、DCS、QCS 名词介绍

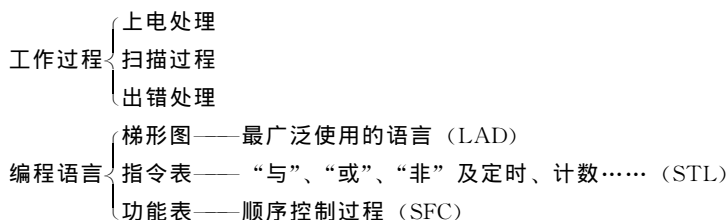
PLC—Programmable Logic Controller 简称可编程序控制器。美国数字设备公司

(DEC) 于 1969 研制成世界上第一台 (PDP-14) 用于开关量控制和逻辑控制, 并由定时计数功能代替原有的继电器控制, 20 世纪 70 年代初美国 A—B Rock Well 公司的 PLC-1、PLC-2 率先打入了欧洲市场, 成功地运作在大型高速纸机的传动控制系统上。

它是以位逻辑运算为主, 以微处理机作基础, 综合了计算机技术和自动控制技术而开发出的新一代工业控制器。从继电—接触器系统发展到布线式继电逻辑控制装置, 再到现代的 PLC 已经是相当成熟的技术了, 它的组成:



工作方式: 不断循环的顺序扫描方式



它的主要功能是处理各种数字量进行逻辑运算, 德国起步较晚, 但发展很快, Siemens 公司的 S<sub>5</sub>、S<sub>7</sub> 系列在国内运用是最普及的, 它们通常都具备控制、调节、计算、报警、监视、记录等自动化功能。可靠性强、抗干扰能力强、组件模块化, 设备越先进, 操作运行维护就越简单。只要弄懂了它的原理, 掌握了它的编程、组态备份, 根据屏幕指示的故障显示就停电更换相应的备件或重新输入程序。各种插件板、模块都是高度集成化的, 基本上是无法修理, 即使花很大的代价送到国外修理最后还是不如更新。我们应当提倡的是严格按照规范、规程维护使用好生产设备, 以尽量维持到其使用寿命的终结, 走定期淘汰、更新的路子, 才跟得上飞速发展的电子技术和装备。PLC 的基本组成框如图 11-15 所示。

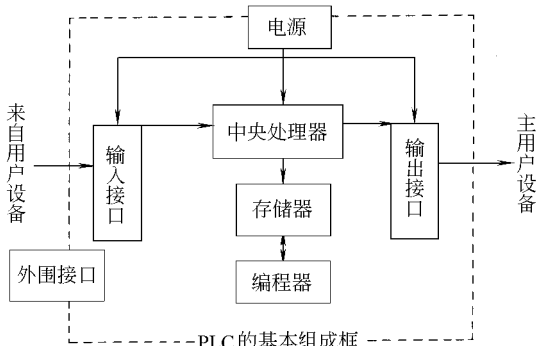


图 11-15 PLC 的基本组成框图

以下摘录 1980 年美国电气制造商协会及 1987.2 国际电工学会 (IEC) 对可编程序控制器的定义。

“PLC 是一种数字式的电子装置, 它使用了可编程序的记忆体, 以存储指令, 用来执行诸如: 逻辑、顺序、计时、计数和演算等功能, 并通过数字或模拟的输入和输出, 以控制各种机械或生产过程。一部数字电子计算机若用来执行 PLC 之功能者, 亦被视同为 PLC, 但不包括鼓式或机械式顺序控制器。”——美电气制造商协会。

“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统, 专为在工艺业境下应用而设计。它采

用了可程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作等面向用户的指令，并通过数字式或模拟式的输入/输出，控制各种类型的机械或生产过程。可程序控制器及其有关外围设备都按易于与工业系统连成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。”——IEC（国际电工学会）

DCS——Distribution Control System 简称分散（集散）控制系统。

1975 年美国 Honeywell 研制出了世界上第一套集散控制系统 TDC2000。它定义为：集散型计算机控制系统，又名分布式计算机控制系统，但至今也没有国际权威机构给予其确切的定义，其实质就是利用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型的控制技术。它是由计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、通讯网络技术、人一机接口技术……互相发展、渗透而产生的。

它采用分布式系统结构，即整体逻辑结构是一种分支树的形式，既可“拆”又可以“并”，可进行垂直分解、水平分解和横向分散，它具有很大的自主性，因为每一个环节都是独立运行的子系统，功能分散——负荷分散——危险分散，从而提高了系统的可靠性。

在造纸机传动控制中主要用于一些非电量的控制。如：液位、压力、温度、浓度、以至水分、定量……，一时间由于生产厂商的宣传，似乎是在自动化领域开辟了一个新的天地，实质上它最基本的原理还是使用了逻辑运算，“与门”（AND）、“非门”（NOT）、“或门”（OR）三种最基本的逻辑关系或它们的组合，ABB 公司于 1979 年推出的第一套工业用的 MASTER 系统，就安装在芬兰的一家造纸厂中。

通过各种类型的传感器在现场采集信号、转换为电量再送入控制系统，它可以将整个工厂企业组成一个金字塔式的管理机构。

这样就大量节省了现场仪表，使得一些现场仪表生产厂家即使推出更新换代的所谓智能型第三代产品，也不得不让位给 DCS 系统厂商。DCS 系统方案配置如图 11-16 所示。

一定要在根据设备装备的水平，适当地选择 DCS 系统的容量和档级，盲目地拔高就会适得其反，不但没有节省劳动力还会付出更大的财力和人力的代价。

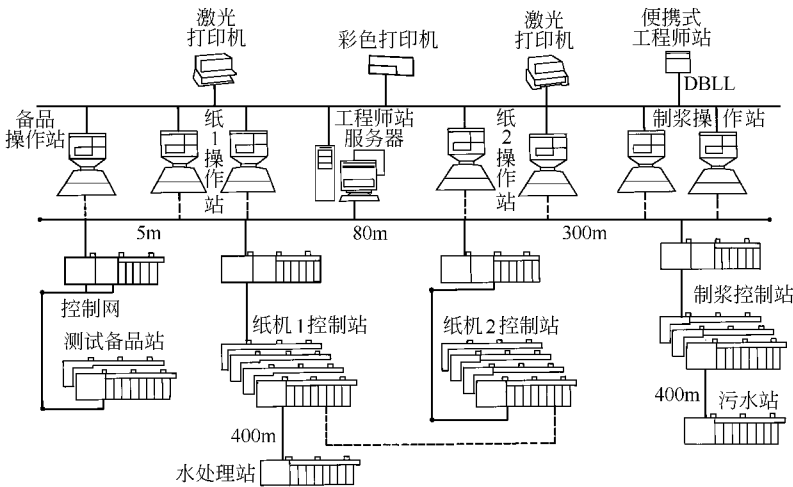


图 11-16 DCS 系统方案配置

经专家们分析得出以下两点结论：①PLC 是由继电器逻辑控制发展而来的；DCS 是由仪表控制发展而来的，但两者均与计算机控制技术密切相关。②PLC 在处理开关量、顺序

控制上有一定的优越性；DCS 在回路控制、模拟量控制上有一定的优越性。

实际上由于电子技术的不断发展，它们之间的互相渗透、区别已经不明显了！即都能够构成复杂的分级控制，两者的统一和归属必将是全分布式计算机系统。

QCS——Quality Control System 简称质量控制系统。

以上解释了 PLC 与 DCS 系统的定义、结构、功能就没有必要再来解释 QCS。在造纸机传动控制中，它就是特指对纸页水分、定量的控制包括横向和纵向。一般是在纸页出压光、进入卷取区域间设置扫描架，作为一个系统 QCS 主要由四部分组成：①扫描架；②传感器；③控制器（或服务器）；④执行元件。如图 11-17 所示。

① 扫描架：是传感器在线检测的坚固、可靠的工作平台，有的采用工字钢梁结构，一般 4~6m 抄宽纸机采用单工字钢梁结构，8m 及以上纸机采用双工字钢梁结构，能很好地消除扭曲应力、密封性能好、坚固、测量精确。

② 传感器：各种类型的传感器安装在扫描头上，有水分传感器，用来测量纸幅在不断运转中单位面积内水分含量，利用红外线作为测量源，纸张中的水分对不同波长的红外线有不同的吸收能力；定量传感器，用来测量运动中的纸张的定量，即  $\text{g/m}^2$ 。它使用放射性元素钴 85 ( $\text{kr85}$ ) 以及用来控制放射源所处的环境温度的热变电阻器，一般是下腔体放射、上腔体接收。当  $\beta$  射线穿过纸张时，一部分被纸张吸收，另一部分被接收器接收，并在离子化的上腔体内形成一股微小电流，其大小与纸张定量有关，转换成电压信号后送入控制器（计算机）。同时还有厚度传感器，它是采用独特的空气动力学膜片，它直接与纸页接触。灰分传感器，采用高流量射线管的设计，它由一个 X 射线原组件，一个快门和探测器组成，现代高速纸机还配置了纸病检测机构。

③ 控制器：（或服务器）可以称为过程控制器，也可以称为工业用的微处理器，不论如何称呼，它都是在此特定条件下的计算机系统，通过它再去控制执行元件的动作。

④ 执行器：这是指哪些在管道上的阀门，最常用的就是定量阀，目前纸机大量使用瑞典 BTG 产品，因其精度高、分辨率高，还有普通的球阀、蝶阀、扇形球阀、释放阀……通过浓度变送器、流量变送器、白度变送器、在线粘度变送器……辅佐一些在线分析仪器送入服务器经处理后去驱动、电、汽、液各类执行元件动作。

## （二）现场总线的合二而一

由于网络技术不断地发展和完善，把各个控制系统连成一个网络。各家大公司都有自己的专长，但都为其他系统提供了专用的接口，互相兼容。它不仅统一了各个控制装置 PLC、DCS、QCS，还同时可以将供配系统，MCC、现场仪表、生产管理、经营管理等等都归于一统，这里的关键是通讯。

## （三）调试运行及故障诊断

调试工作在现阶段一般都是由生产厂家或代理商提供现场服务，开放改革以来随着国外知名企业的进入，Siemens、ABB、A-B Rockwell、Schneider、GE……独资公司、合资企业、代理厂商均拥有一大批精干的技术人员，他们不仅懂外语，熟悉本公司的设备性能，同

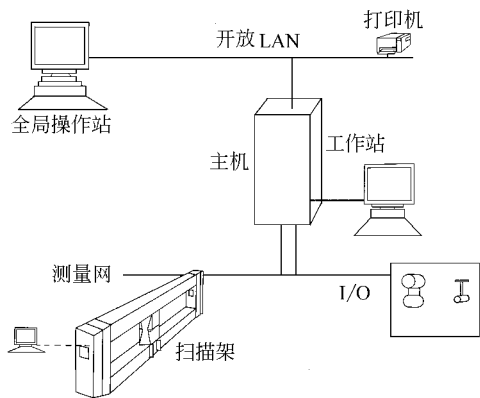


图 11-17 PM 系统图

时还具备现场调试经验、故障分析判断处理能力以及强大的后备支援——包括备品备件和远程网络咨询。

那么作为工矿企业在引进这些设备的同时，必须组织相关的技术人员进行 2~4 周的专业培训，最好在编程组态阶段就介入直到测试出厂，随后在现场安装阶段，紧密配合和跟随乙方的调试人员，不放过他们的每一个动作，甚至要洞察到他们判断、分析问题的思维路线。在试生产阶段要求他们留员再做现场操作培训。投入正常生产以后就是一个长期的运行维护、故障处理经验的积累，开始还是一筹莫展的！必须有一个过程。这就要求甲方人员需要具备一定的素质，当然不是惟学历，但起码要有一定的外语阅读能力和熟练的计算机操作能力。

可以认为，只要抓住了以上各个环节、正常运行阶段故障率并不高，特别在“三包”期限以内。甲方除需要准备 2 年以内易损的电子元器件以外，还要逐年做一点预见性的备品、备件订货工作。大量的、经常性的工作就是要保持好控制室的环境，严格按照规程、规范来操作、保养，这是直接影响使用寿命的因素。具体地讲就是控制室的防尘、防潮和恒温。不要小看了灰尘，湿度大时，它集积在高集成度的插件板上会产生“爬电”现象导致控制装置失灵；特别干燥时，它又成了静电集聚的元凶。因此对这些相当娇气，精巧的电子元部件的定期清扫工作不可缺少。一旦出现故障要及时通知制造商派人员到现场处理，切忌自己还没有弄清楚以前就盲目动手处理，这往往会将事故扩大，造成更大的损失。一旦熟悉了设备就会体会到设备越先进、可靠性越高、运行维护故障处理越简单，这里的关键除以上要求甲方人员具备的素质外就是责任心、事业心，决不可马虎从事。

## 参 考 文 献

1. 朱伯欣主编. 德国电气技术. 上海：上海科学技术文献出版社，1992
2. 东北工学院佟纯厚主编. 近代交流调速. 北京：冶金工业出版社，1985
3. 张松春等编著. 电子控制设备抗干扰技术及应用. 北京：机械工业出版社，1989
4. 许建国主编. 拖动与调速系统. 武汉：武汉测绘科技大学出版社，1999
5. 胡寿松主编. 自动控制原理. (第四版) 北京：科学出版社，2001
6. 俞云奎、罗耀华主编. 可编程序调节器、控制器原理与应用. 哈尔滨：哈尔滨工程大学出版社，1998
7. 陈立定等编著. 电气控制与可编程控制器. 广州：华南理工大学出版社，2001
8. 孙廷才等编著. 工业控制计算机组成原理. 北京：清华大学出版社，2001
9. 王常力、廖道文主编. 集散型控制系统的设计与应用. 北京：清华大学出版社，1993

## 第十二章 白水回收设备

### 第一节 概 述

造纸厂白水的处理，不仅在节约纤维、填料等方面具有经济意义，而且对于废水的利用、防止污染及节约热能等方面亦有重大意义。

造纸白水的循环回用，就是使用各种方法处理纸机白水，降低其悬浮固形物含量，代替清水再回用于制浆造纸过程，从而减少清水用量，降低废水排放量和固形物流失量。纸厂内最有效的方法，就是采用纸机白水循环系统来处理纸机白水。

随着白水循环回用技术的进一步发展，以及处理纸机白水工艺的进一步完善，经处理后的纸机白水，不仅可以用于稀释纸浆、处理损纸，而且可以用作打浆用水、贮浆池用水、辅料制备用水，还可以进一步用来代替清水用作喷水管水、密封水等，这样可以大为减少清水用量，使吨纸水的排放量只有  $10\sim 30\text{m}^3$ ，吨纸纤维流失量约为  $5\sim 25\text{kg}$ 。

白水一般可根据其浓度的高低划分为三级循环回收利用。①一级循环系统：从网部成形板至脱水区前（案辊、案板部分）排出的白水中纤维浓度大，回收路线短，污染程度小，可不通过回收设备，适于稀释纸浆用。②二级循环系统：包括脱水区的剩余白水、高压差脱水区（真空吸水箱与真空伏辊）排出的白水、洗网水、水针水及网部其他清洗用水。这个系统的白水中纤维浓度小，细小固体物质含量较少。如需要也可用于稀释纸浆用，但大量的剩余白水需经回收设备处理，产生的低浓白水，可送往打浆工段用于稀释纸浆、供伏辊坑喷水或清洗用水，也可供打浆机放料或碎浆机等用水。这个系统的白水，由于含有一定的填料、细小纤维等固形物，故根据抄造的纸种不同及抄造设备与形式的不同，每台纸机的回收方式也有所不同，因此它是最值得研究的一个循环系统。③三级循环系统：也是最外侧的循环系统，从二级循环系统出来的白水和造纸机压榨部等处来的废水合流后，用处理设备进行处理，然后把其中的一部分作为生产用水，代替部分清水再利用。

造纸机的白水循环方式是否适当，对于造纸机的正常生产和技术经济成效都是个关键问题。图 12-1 是白水回收设备在三级循环回收中的地位。

一般地讲，造纸机最合理的白水循环方式，必须具备以下条件：①白水循环系统应互相协调；②操作上有合理的管线装置；③不发生脉冲现象；④纸机断头时，循环系统的白水浓度变化较小。

这些应当具备的条件，对于任何种类的造纸机来说都是必要的，尤其是高速造纸机更不能忽略。白水循环回收的方式有以下几种：①过滤式：如浓缩机、脱水机以及多圆盘过滤机等；②沉降式：如沉淀池、沉淀塔、沉降器等；③气浮式：如气浮白水回收机等。

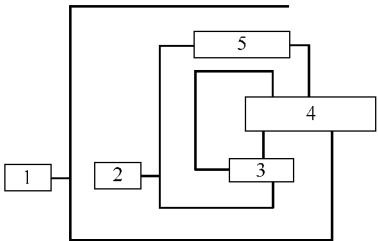


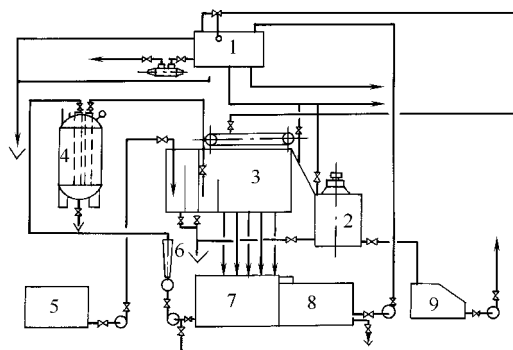
图 12-1 白水回收设备在三级循环回收中的地位

1—过滤器 2—浓缩机 3—浓白水/稀白水 4—纸机 5—白水回收机



## 第二节 气浮式白水回收设备

气浮法处理纸机白水是根据亨利定律和凝聚机理来实现的。也就是在一定压力下，将空



12-2 气浮法白水循环流程图

- 1—白水塔 2—搅拌池 3—气浮池 4—溶气罐  
5—纸机下白水 6—水喷射器 7—集水池  
8—澄清水池 9—贮浆池

气溶解在水中，作为工作介质，然后将这些溶解于水中的气体经减压释放，成为无数微细气泡（通常  $\phi 50 \sim 100 \mu\text{m}$ ）。造纸白水中的悬浮物大多数是由网下过滤下来的细小纤维、填料、胶料，密度与水相近。当微细气泡与经过凝聚作用后的白水作用后，纤维等与微细气泡附在一起，使其密度小于水，随着气泡的浮力而上升到水面，形成悬浮浆层，从而达到净化水质、回收纸浆、填料的目的。

气浮法白水回收系统通常包括溶气罐、射流器、气浮池、清水池等。气浮法的工艺流程如图 12-2。

气浮法白水回收系统中射流器是非常重要的部件，其结构如图 12-3 所示。

射流器是产生溶气水的一种空气供给装置。其结构与一般水力喷射器相类似，即由喷口、吸气室（真空室）、混合管及扩散管组成。

当压力水以高速从喷口喷射出来，形成一股高速射流束穿过真空室经过一定的射流距离后，进入混合管，气室呈真空状态，由于工作介质的粘滞作用与这股高速紊乱射流束相接触，空气与工作介质一起挟带至混合管内，当这股气液混合物由于剧烈的湍动搅拌，水力剪切，液体和气体间的充分混合，气体被“切割”成无数极细小的空气泡，经过混合管的高速湍动、混合，呈乳化状态的气液混合物中的气体，就在一定压力下溶入水中。

射流器设计是根据所需溶气水水量及所需喷口压力来计算的，采用公式：

$$q_v = k \cdot A \sqrt{2gp}$$

式中  $q_v$ ——溶气水量， $\text{m}^3/\text{h}$   
 $k$ ——流量系数，一般为  $0.95 \sim 0.96$   
 $A$ ——喷口截面积， $\text{mm}^2$   
 $g$ ——重力加速度， $9.8 \text{ m/s}^2$   
 $p$ ——喷口压力， $\text{m}$

按上式可求出喷口截面积  $A$ ，则喷口直径  $d_1 = \frac{\sqrt{4A}}{\sqrt{\pi}}$

喉管截面积  $A_2$  与喷口截面积  $A_1$  的比例，采用  $A_1/A_2 = 1/2$ ，则喉管直径  $d_2 = \sqrt{2d_1}$ ，

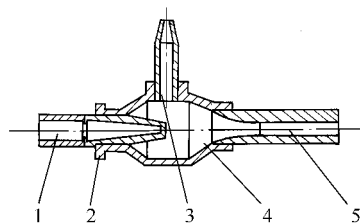


图 12-3 射流器结构示意图

- 1—喷口 2—紧定圈 3—进气管  
4—真空室 5—喉管与扩散器



还研制了超高速凝聚沉淀装置，较好地改善了处理水的效率。

常用的有锥形沉降式白水回收器（也称为沉降塔，见图12-5）和斜板沉淀器（见图12-6）等。

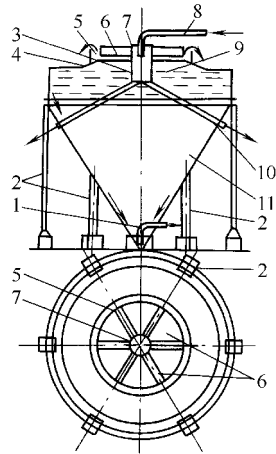


图 12-5 锥形沉降器

- 1—浓稠物排出管 2—支柱 3—澄清水入口孔  
4—分布锥体 5—环形室 6—辐射状分布管  
7—封闭室 8—白水入口管 9—澄清水室  
10—澄清水出口 11—贮存器

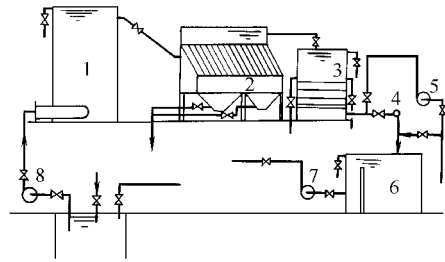


图 12-6 斜板沉淀器循环用水系统

- 1—反应罐 2—斜板沉淀器 3—过滤器  
4—水表 5—反冲洗泵 6—清水池  
7—清水泵 8—白水泵

## 一、斜板（管）沉淀法白水回收设备

斜板沉淀用于处理黄板纸、箱板纸、油毡原纸、瓦楞原纸、卷烟纸、书写纸等不同纸种同样可取得较好效果。

### （一）流程

将待处理的白水加入絮凝和助凝剂后在反应罐中进行反应，使药液与白水中纤维和填料颗粒相碰撞，凝聚成较大的颗粒，通过斜板沉淀的悬浮物留在斜板上，向下滑动，出水基本澄清。进一步提高水质还可以加过滤设备，见图 12-6。

### （二）工作原理

斜板（管）沉淀工作原理，主要根据絮凝和装有斜板具有浅池作用效应，从而增加了沉降面积，是一种高速澄清设备。

#### 1. 絮凝

悬浮分散在白水中的细小纤维和滑石粉都是很小的颗粒，沉降困难，根据 Stokes 定律

$$v_0 = 2g(\rho_1 - \rho_2)kr^2/9\eta \quad (12-1)$$

式中  $v_0$  —— 沉淀速度，m/s

$\rho_1$ 、 $\rho_2$  —— 粒子和液体的密度，kg/m<sup>3</sup>

$g$  —— 重力加速度，9.8m/s<sup>2</sup>

$\eta$  —— 液体黏度，Pa·s

$k$  —— 常数

$r$  —— 粒子半径，m

从上式可知，当  $\rho_1$ 、 $\rho_2$  与  $\eta$  为一定时， $v_0$  与  $kr^2$  成正比，即粒子半径越大沉淀速度越

快。为使细小粒子结成较大的体积，必须加絮凝剂。

## 2. 高速沉淀

斜板沉淀是一种高速澄清设备，其原理如下。

(1) 具有浅层作用效应见图 12-7。

因装有斜板增加了沉降面积，提高了沉降负荷。沉淀时间：

$$t = H/w \quad (12-2)$$

式中  $t$  为沉降时间 (s)， $H$  为沉降距离 (m)， $w$  为悬浮物沉淀速度 (m/s)。

从图中可以得出： $t = H/w = L/v$ 。此时  $H = S/\cos\theta$ ，式中  $L$  为斜板长 (m)， $v$  为平均上流速度 (m/s)

流经斜板间的流量： $q_v = bsv = bLw\cos\theta$  (12-3)

式中  $q_v$  为斜板间的流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )， $S$  为斜板间距 (m)， $b$  为斜板宽度 (m)。

如考虑斜板投影面积：

$$A = bL\cos\theta \quad (12-4)$$

式中  $A$  为斜板投影面积 ( $\text{m}^2$ )， $\theta$  为斜板水平夹角。

则表面负荷率：

$$K = \frac{q_v}{A} = w \quad (12-5)$$

单面斜板投影面积的投影负荷，等于悬浮微粒的沉降速度。表面负荷率越大，沉淀效率越高。沉淀效率与沉降面积和沉降速度有关与容积深度无关。同样容积的沉淀器沉降深度越浅，沉淀面积越大，沉淀负荷也越大，沉降面积增加若干倍，沉降器的沉降负荷也提高若干倍。

(2) 斜板具有接触凝聚作用，如图 12-8 所示。

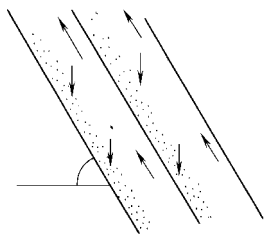


图 12-8 接触凝聚作用原理图

由于斜板间距小，悬浮微粒粘附在斜板表面的机会和数量就很多，当运动着的悬浮物粘附在斜板表面上，由于不断吸附，堆积在斜板表面的纤维和填料微粒逐渐增大，克服斜板表面上的摩擦阻力和水流的阻力后便沿斜板表面慢慢滑下，清水沿斜板表面不断上升，沉淀物沿斜板表面不断下滑，加速了沉降速度。

(3) 由于斜板装置加大过水断面的湿润周边，减少了水力半径，大大降低雷诺准数，保证水流处于稳定的层流状态，使悬浮物的自由运动减小，科学地解决排渣与上水相互干扰的矛盾（流向相反），加速了沉降。

## (三) 主要设备特征及工艺参数

### 1. 反应罐

反应罐的设计应按切线方向进水，控制适当流速（国内某纸厂设计为  $1.4\text{m/s}$ ），使水中纤维和填料颗粒与絮凝剂发生碰撞吸附，使之速度逐步减小，平稳地流入沉淀器。

### 2. 斜板（管）沉淀器

常用聚乙烯塑料板或聚丙烯塑料蜂窝管。

由于在斜板上的沉淀物流动方向与水流方向相反，在不影响沉淀物下滑的情况下，尽量减少倾角，以增大斜板水平投影面积，提高沉淀效率。根据国内某纸厂试验结果， $\theta$  角为  $50^\circ$  左右较适中。因悬浮物的下滑必须在克服摩擦阻力之后，而由于纤维密度小，堆积厚度

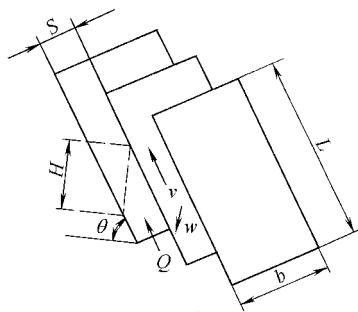


图 12-7 斜板浅层作用效应图

较大,有时厚度达 15~20mm,取板间距为 50mm,基本上能满足需要。根据该纸厂在同一水流上升速度情况下的试验结果,斜板长在 1m 左右悬浮物已基本澄清,没有再长的必要。

### 3. 过滤罐

国内某纸厂以泡沫塑料塔式过滤机,对砂滤及混合料滤塔分别试验,以混合料滤塔效果较好。

卵石  $\phi 10 \sim 20\text{mm}$ ,厚 300mm;无烟煤  $\phi 5\text{mm}$ ,厚 200mm;龙口砂  $\phi 1 \sim 2\text{mm}$ ,厚 150mm。

这种滤层能使细小纤维填充在滤层中,不使表面结层,可延长过滤周期。

## 二、脉冲澄清池

### (一) 结构组成及工作原理

脉冲澄清池的结构如图 12-9 所示。主要由磁化器、脉冲注水器、澄清器、集水槽、布水管、刮浆装置、清洗装置和传动装置等组成。

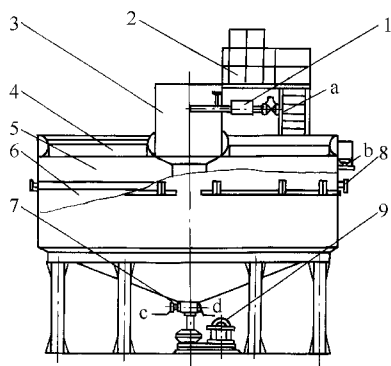


图 12-9 脉冲澄清池的结构

- 1—磁化器 2—助凝剂贮槽 3—脉冲注水器  
4—集水槽 5—澄清器本体 6—分散布水管  
7—刮浆装置 8—清洗装置 9—传动装置  
a—进水口 b—清水出口 c—清水出口  
d—出浆口

工作原理是:澄清池是利用接触絮凝原理除去水里悬浮物的沉淀设备,上面与出水槽相邻的是澄清区,下面是接触絮凝区,即悬浮层。在浑水中加入药剂后,即可看到在悬浮层中产生颗粒状的絮状物(矾花)。开始矾花较小,随着时间的推移,矾花逐渐增大,与矾花接触的杂质,逐渐以矾花为中心越结越大,沉淀速度也随之加快,沉入池底。

接触絮凝区的划分很鲜明,其中矾花的悬浮、混合等作用都是靠向上的水流移动来完成的。由于悬浮层中矾花在吸附了水中的悬浮颗粒后会不断增加,多余的矾花便自动进入浓缩室,由排渣口排走。

### (二) 脉冲澄清池与一般澄清池的比较

(1) 一般澄清池容易引起“翻花”,俗称“翻池”,原因是池子底部的配水系统不可能做到完全均匀配水,所以悬浮层区和澄清区的断面水流速度总是不太均匀,水流的不均匀性产生了两种后果,一个是高速度的部分把矾花带出悬浮层区,使水质变坏。另一个是高速区域区的矾花浓度较低,没有起足够的接触絮凝作用,通过这个区域的水质也较差。当池子的水流连续向上时,上面两种现象就会加剧,而且成为一种恶性循环,这就是一般澄清池工作恶化的原因。从另一角度来看,清水是经过接触絮凝区从下而上“过滤”出来的,容易将矾花冲出去,但这种“过滤”作用又能防止细小矾花进入清水区。澄清池的关键部分是接触絮凝区,该区矾花中所含悬浮物浓度约在  $3 \sim 10\text{g/L}$  范围内。这些矾花处在一种悬浮的紊动状态,即为悬浮层区。

(2) 脉冲澄清池的最大优点是不易引起“翻池”。脉冲澄清池悬浮层区的工作稳定性主要是靠脉冲的作用。池内不进水时,悬浮层中矾花就会逐渐下沉压缩;池内进水时,矾花就会上升,水位上升到一定位置时又重复前面的过程。因此悬浮层一直周期性地处于膨胀和压缩状态,进行一上一下的运动。脉冲澄清池在充水的周期内,由于上升水流停止,在矾花下沉及扩散的过程中,会使断面上的浓度分布均匀。

(3) 进水量发生变化时, 对于脉冲式进水不会有影响, 这是因为进水量的多少只会影响脉冲的周期, 不会使悬浮层工作不稳定。

(4) 脉冲进水器的进水是从切线方向进入, 原水在进水器内产生旋涡, 从而可以防止气泡进入絮凝区, 因为有空气泡上升就会扰乱澄清工作区。

(5) 流体磁化对澄清的影响。在进水时, 加上一个磁化装置, 就使水体磁化, 对澄清有促进作用。磁化水有两大作用, 一是水体在进入脉冲澄清池之前, 通过捆绑在管道上磁力电极即发生磁化。磁化后能使水质均化, 降低水的表面张力, 并使 pH 值稳定。对于澄清池在配水管的布水区, 如不用磁化装置则极易在管道内形成水垢; 二是在沉淀区磁化水中的悬浮颗粒极易达到饱和状态后下沉。磁化后的水体在静止状态下经过几个小时即会自行消磁。

在正常情况下, 对造纸白水固形物去除率在 90% 左右, 处理效果较为理想。

### 三、超高速凝聚沉淀装置

传统的沉淀装置内往往存在着湍流流态, 致使处理水质难以达到较高要求; 同时, 虽然在处理过程中使用了高分子絮凝剂, 但因设备结构不能真正实现理论上有效利用的条件要求, 所以处理水的效率和表面负荷率都偏低。图 12-10 显示的超高速凝聚沉淀装置有效地解决了这方面的问题, 处理纸机白水和纸厂废水实现了表面负荷  $5 \sim 30 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$  超高速沉淀的结果。

该装置具有小絮状物均等上升流效果。

原水从流入管 6 导入混合筒 4 内, 在此与从聚合物注入管 3 导入的高分子絮凝剂反应; 混合筒内设有搅拌器 7, 并且在混合筒的下部设置了数个回转分散管 9, 该分散管的下部钻有多个小孔, 和高分子絮凝剂反应的原水, 由分散管小孔全面而均匀地分散于槽体内并上升至槽体上部的呈放射状设置的溢流溜槽内。设置回转分散管是其最大特征, 该装置的这种结构能确保其内的水体即便受到少量外界干扰, 仍能形成均一的上升流; 在分散管的上部形成了残渣流动层, 而且在流动层内小的絮状物被捕捉成较大的絮聚物, 得到了澄清处理水; 均一的上升流形成了均一的流动层, 而且残渣流动层的界面高度可自动控制, 始终保持一定范围。

超高速絮凝沉淀装置现主要用于纸机白水处理、苛化的绿液澄清装置、工业用水的上水处理、废水处理活性污泥后的三次处理。

根据用途的不同和废水性质的不同, 超高速沉淀装置的表面积负荷率可为以往絮凝沉淀装置的 5~50 倍, 分离出的残渣浓度为其 1.5~2.0 倍。

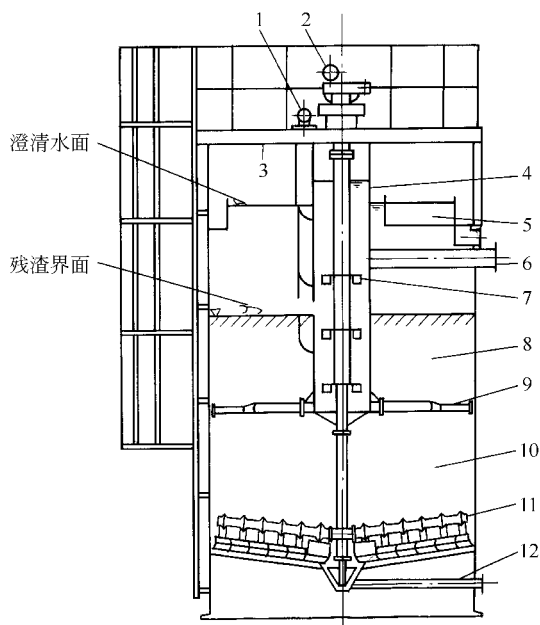


图 12-10 超高速凝聚沉淀装置剖面图

- 1—搅拌器传动 2—耙齿传动 3—聚合物注入管  
4—混气筒 5—溢流溜槽 6—原水流入管  
7—搅拌器 8—残渣流动层区 9—分散管  
10—残渣压密区 11—耙齿臂 12—残渣引出管

## 第四节 多圆盘白水回收机

多圆盘白水回收机是一种大面积过滤机，可供回收白水纤维和浓缩（洗涤）纸浆之用。造纸业发达的国家，在 20 世纪 80 年代初，普遍采用多圆盘白水回收机。近几年，国内有一些大型纸厂采用了瑞典 CELLECO、芬兰 AHLSTROM、VALMET、SUNDS DEFIBRATOR 等公司的这种设备，并在该设备使用方面已取得了不少经验，白水通过量、纤维回收率、滤液澄清度、出浆浓度等各项主要性能指标有了大幅度的提高，逐步成为造纸工业白水回收主要设备。

该设备与其他白水回收设备相比具有以下优点：①结构紧凑，占地面积小。②生产能力大。③自动化程度高，操作维护方便。④能耗低。⑤滤液澄清度高。⑥纤维回收率高。⑦简单的扇片结构，可根据不同产量要求变更过滤面积。

### 一、结构组成及工作原理

#### （一）结构组成

多盘式纤维回收机由滤盘、空心主轴、分配阀和水腿管、剥浆喷水装置、洗网喷水装置、槽体和上罩、传动装置等部分组成，如图 12-11 所示。

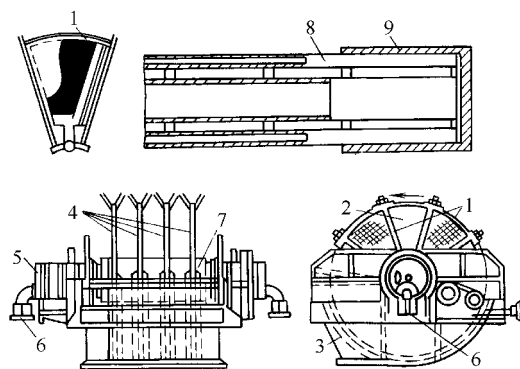


图 12-11 多盘式白水回收机

- 1—过滤圆盘 2—过滤圆盘 3—过滤槽 4—过滤圆盘  
5—分配头 6—真空连接管或水腿  
7、9—空心轴 8—滤液管

（1）槽体。槽体是由不锈钢板焊接而成，槽体由左右墙板、槽体板、接料斗、主轴密封装置组成。槽体上设有进浆槽、溢流口、排污口及液位控制器接口等，并在溢流口设有溢流箱可调节。

（2）机罩。机罩的左右墙板由不锈钢材料制作，剥浆装置、冲水装置及洗网喷水装置是支撑在机罩的左右墙板上。机罩的弧形盖板由玻璃钢材料制作，上有观察窗口，打开上面的活动盖板，即可观察滤盘上浆及运行情况。

（3）滤盘。每个滤盘由不锈钢扇形板组成，扇形板外覆有滤网，由拉杆固定在主轴上，空心的主轴内分为若干个腔道，分别与每盘上的一个扇形板相连通。在主轴与扇形板根部有 O 形密封圈密封。过滤后的滤液沿着扇形板与滤网所形成的腔道汇入集液漏斗后进入空心主轴，经分配阀的滤液出口流向滤液槽。

（4）主传动装置。主传动装置由变频电机通过减速器驱动主轴转动，主轴两端分别由滑动轴承（分配阀侧）和流动轴承（传动侧）支撑在槽体两端的支架上。

（5）分配阀。分配阀的外壳由铸钢结构构成。通过分配盘与空心轴相接，从而实现滤盘不同区间不同的工艺构成。分配盘间的压紧力通过弹簧来调节。分配阀有清滤液和浊滤液两个出口，它们与水腿通过橡胶管挠性连接后接至用户自备的水封池，其工作过程及原理如图

12-12 所示。

(6) 剥浆喷水装置。具有  $0.7\sim 0.9\text{MPa}$  压力水，由喷嘴喷射扇形水流来剥落滤盘上的浆层，最佳的剥离是使浆层形成自卷，落入浆槽。喷嘴管与喷水总管采用法兰连接，可方便的调节喷嘴方位。如图 12-13 所示。

(7) 冲水管。用  $0.2\sim 0.3\text{MPa}$  压力水向接料斗中冲水，以便冲刷和稀释接料斗中的纸浆。

(8) 洗网喷水装置。由装在可摆动的喷水管上的喷嘴喷出  $0.7\sim 0.9\text{MPa}$  水柱来对滤网进行冲洗，使滤网面粘附的纸浆冲洗掉，恢复过滤能力。喷嘴的摆动是由摆线针轮减速机通过连杆机构实现的，摆动次数为  $21\text{次}/\text{min}$ 。喷水总管与清水管是由一橡胶管挠性连接的，其喷水压力及流量可通过阀门来调节。

(9) 出浆装置。出料方式可由用户选择直接出料或螺旋出料的任一种形式。螺旋输送机由摆线针轮减速机带动。无螺旋出料器者设有一个出料口，由钢板焊接成斗状，下面接至纸浆槽。

## (二) 工作原理

该机分配阀采用平面接触式。通过分配阀上的分区使滤盘各部分处在不同的工作状态：

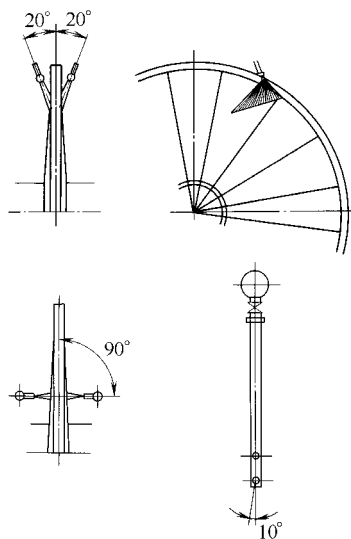


图 12-13 喷水管图

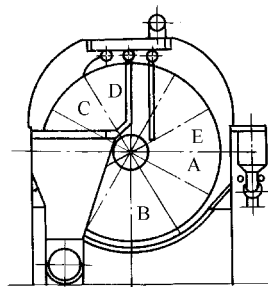


图 12-12 分配阀工作  
原理示意图

A 区，浆层开始在过滤盘上形成，真空度产生，浑浊液聚积；B 区，清洁滤液滤出；C 区，真空消失；D 区，浆层剥离；E 区，清洗过滤盘

(1) 主轴带动滤盘转动，当一个扇形板浸入液面下时，进入自然过滤区，配浆箱中的水和填料吸附到滤网上，形成一个纤维垫层，在这一区域，一小部分纤维和填料与滤液一起穿过滤网，形成一种浑浊的滤液，称为浊滤液，通过排液管排到浊滤液池，然后由泵输送到冲水管冲刷接料斗和稀释输出纸浆，其余部分并入配浆箱重新过滤。

(2) 主轴继续转动进入真空过滤区，这时滤盘上的纤维垫层已达到一定的厚度，起过滤介质的作用，在真空抽吸作用下，滤液中的纤维和填料被吸附到垫层上，由于垫层的作用，穿过滤网的固形物大大降低，形成一种澄清的滤液，称为清滤液，通过水腿进入清滤液池，这部分滤液可用于洗网剥浆，剩余部分进系统回用。

(3) 扇形板转出液面前后，真空作用并未消失，滤网上的浆层继续脱水，滤饼干度增高，此时滤液澄清度进一步提高，这部分滤液称为超清滤液。

(4) 滤盘继续转动，真空作用逐渐消失，进入剥浆区，这时滤盘两侧的剥浆喷嘴喷出的扇形水柱剥落浆层落入接料斗中，由冲水管水流冲到出料口并稀释。

(5) 滤盘转动到洗网区，由摆动洗网装置的喷嘴喷出的水柱，洗网，再生，恢复过滤能力后进入下一个过滤周期。就这样，滤盘不断地转动，扇形板处在不同的区间，产生连续的过滤作用，从白水中回收纤维和填料，并使清滤液回用。



## 二、主要技术特征

国产多圆盘白水回收机主要技术特征见表 12-1。

表 12-1 国产多圆盘白水回收机主要技术特征

| 序号 | 项 目     | 单 位                                    | 指 标                          |                        |                        |                        |
|----|---------|--|------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1  | 过滤面积    | m <sup>2</sup>                         | 75                           | 100                    | 150                    | 200                    |
| 2  | 白水通过量   | m <sup>3</sup> / ( m <sup>2</sup> · h) | 2.5~3                        |                        |                        |                        |
| 3  | 纤维回收率   | %                                      | 90~95                        |                        |                        |                        |
| 4  | 清滤液澄清度  | mg/L                                   | <60                          |                        |                        |                        |
| 5  | 浊滤液澄清度  | mg/L                                   | <400                         |                        |                        |                        |
| 6  | 过口白水浓度  | %                                      | 0.35~0.45 (加垫层浆后)            |                        |                        |                        |
| 7  | 出浆浓度    | %                                      | 3.5~4.5                      |                        |                        |                        |
| 8  | 浆层厚度    | mm                                     | 3~5                          |                        |                        |                        |
| 9  | 滤盘直径/数量 | mm/个                                   | 3660/6                       | 3660/8                 | 3660/12                | 3660/16                |
| 10 | 滤盘转速    | r/min                                  | 0.2~2                        |                        |                        |                        |
| 11 | 扇形板数量   | 片                                      | 24×6                         | 24×8                   | 24×12                  | 24×16                  |
| 12 | 水腿真空度   | MPa                                    | 0.01~0.025                   |                        |                        |                        |
| 13 | 传动主电机   |  | YTSP<br>132M2<br>—6<br>5.5kW | YTSP<br>160—6<br>7.5kW | YTSP<br>160L—6<br>11kW | YTSP<br>180L—6<br>15kW |
| 14 | 质量      | t                                      | 12.5                         | 16                     | 20                     | 25                     |

## 三、工艺技术的调整与开停机

### 1. 工艺调整

(1) 增加通过量。增加速度，但要注意，速度增加可能导致大气水腿真空减少；减少预挂浆层；增加凝聚剂（仅对含填料产品而言）。

(2) 减少浑浊液和清滤液里固体含量。降低速度；减少大气水腿的真空（不低于 2m）；增加预挂浆层（浆槽浓度不能大于 1%）；增加凝聚剂。

(3) 过滤槽液位。过滤槽液位尽可能提高，要求高于圆盘过滤机中心线 200mm；不允许水准低于圆盘过滤机轴的中心线，这可能破坏大气水腿里的真空；如果水准过高，多余的悬浮液可能通过应急排放口，或通过排液口流入浆池；如果浆位达不到要求，可移动 1 个或几个过滤扇形面来调整。

(4) 调整真空度。浊滤液：尽可能选择高的真空度；清滤液：根据滤液里的纤维含量调整，低真空，低含量，高真空，高含量。

### 2. 开停机程序

(1) 开机。开清水，把澄清水池注满。启动两台澄清水泵，以保证纸机喷水管和多盘剥离喷水管用水。启动多余白水泵和浆泵。启动浑水液泵。待多盘槽内浆液达到要求时，启动多盘过滤机。启动浆池搅拌器，浓度调节器，浆泵。

(2) 停机。停止送浆和白水。关闭剥浆喷水管和稀释纸浆喷水管。通过排放管排空过滤

机槽。停止过滤机运转。

## 第五节 其他白水回收设备

筛分式白水回收机其突出特点是占地少, 节省动力, 也具有推广应用价值。

这种回收机是利用筛分的机理来分离白水中固体物的。如图 12-14 所示, 未处理白水以 0.03MPa 的压力从中心管的下方进入, 并由上方的分布器进入筛鼓。筛鼓是转动的, 其转动可产生 4~10 倍于重力的离心力。在离心力作用下, 白水大量流出筛鼓, 而白水中的较大固体物被筛板阻留在筛鼓内, 向下运动, 由浓缩水排出口排出。

由于采用高目数 (比如 325 目, 筛孔宽仅为  $40\mu\text{m}$ ) 网, 白水中粒度大于  $40\mu\text{m}$  的固体物被除掉 90% 以上。虽然固体物除去率为 40%~60%, 处理后水中仍有近 200mg/kg 的固体物, 但因造成喷水管堵塞的主要原因在于白水中固体物的大小, 而不是固体物的量, 所以可以作为喷水管用水。而浓缩水排出口排出的较浓白水, 可以用作稀释水。

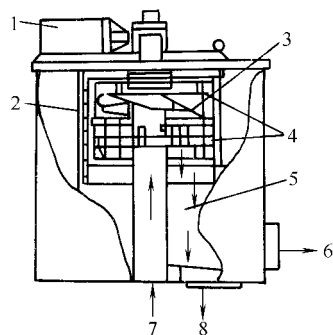


图 12-14 筛分式白水回收机

1—电机 2—反喷水 3—转动筛鼓  
4—分布装置 5—浓缩白水 6—处  
理水出口 7—浓缩水排出口  
8—未处理水入口

## 参 考 文 献

1. 聂勋载, 范思齐编. 常用非木材纤维造纸实用手册. 北京: 中国轻工业出版社, 1999
2. 隆言泉主编. 造纸原理与工程. 北京: 中国轻工业出版社, 1994
3. 张自杰编. 排水工程. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
4. 高廷耀编. 水污染控制工程. 北京: 高等教育出版社, 1999
5. 林治宪译. 新型白水回收设备——Poseidon 加压气浮机. 国际造纸, 1998 (4): 11~12
6. 林治宪. 新型白水回收设备. 天津造纸, 1997 (3): 31~34
7. 丁春生. 高效气浮技术设备及其在造纸废水处理中的应用. 浙江工业大学学报, 2001 (4)
8. 余行宝. 凝聚沉淀法的设备和实用效果. 中华纸业, 1999 (1)
9. 杨万善. 纸机白水封闭循环设备的研制与应用. 广西蔗糖, 1997 (2)
10. 杨万善. 造纸白水回收新工艺及设备. 甘蔗糖业, 1995 (2)
11. 郑中华. 工业流体的磁化处理. 设备管理与维修, 1997 (4)
12. 刘行媛. 多圆盘过滤机的引进及应用. 1991 (3): 43~46